

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4642731号  
(P4642731)

(45) 発行日 平成23年3月2日(2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日(2010.12.10)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/02 (2010.01)

H O 1 L 33/00 1 0 0

H O 1 L 33/36 (2010.01)

H O 1 L 33/00 2 0 0

請求項の数 26 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2006-289664 (P2006-289664)	(73) 特許権者	592054856
(22) 出願日	平成18年10月25日(2006.10.25)		クリー インコーポレイテッド
(62) 分割の表示	特願2002-561291 (P2002-561291) の分割		C R E E I N C.
原出願日	平成14年2月1日(2002.2.1)		アメリカ合衆国 ノースカロライナ州 2
(65) 公開番号	特開2007-19560 (P2007-19560A)		7703 ダラム シリコン ドライブ
(43) 公開日	平成19年1月25日(2007.1.25)	(74) 代理人	100099623
審査請求日	平成18年10月25日(2006.10.25)		弁理士 奥山 尚一
審判番号	不服2009-5688 (P2009-5688/J1)	(74) 代理人	100096769
審判請求日	平成21年3月16日(2009.3.16)		弁理士 有原 幸一
(31) 優先権主張番号	60/265, 707	(74) 代理人	100107319
(32) 優先日	平成13年2月1日(2001.2.1)		弁理士 松島 鉄男
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100114591
(31) 優先権主張番号	60/307, 235		弁理士 河村 英文
(32) 優先日	平成13年7月23日(2001.7.23)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光抽出用の改良を含む発光ダイオード及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 及び第 2 の対向する面を有する基板であって、所定の波長範囲の光放射に対して透明であり、断面では前記第 1 の面から前記第 2 の面に向かって前記基板の中に延びる側壁を有する複数のペDESTALを形成するようにパターン化された基板であって、該ペDESTALの側壁は、テクスチャ加工した表面を有している、基板と、

前記第 2 の面上にあり、前記複数のペDESTALを横切って連続的に延びるダイオード領域であって、該ダイオード領域に対して電圧を印加すると、前記所定の波長範囲の光放射に対して透明である前記基板内へと、前記所定の波長範囲の光を放射するように構成された、ダイオード領域と、

前記基板の前記第 1 の面上と、前記ダイオード領域の前記第 2 の面とは反対の面上とに設けられた一組の反射層であって、前記ダイオード領域から発生した光を前記ダイオード領域へと反射させるように向けられた、一組の反射層と

を含んでなる発光ダイオード。

【請求項 2】

前記ダイオード領域に対して電圧を印加すると、前記ダイオード領域から前記所定の波長範囲の光放射に対して透明な前記基板内に放射された光が前記複数のペDESTALから放射するように、前記ダイオード領域を支持するように構成された、前記所定の周波数範囲の光放射に対して透明な前記基板と反対側の、前記ダイオード領域上にある取付け支持体をさらに含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 3】

前記第 1 の面を支持するように構成された、前記ダイオード領域と反対側の、前記第 1 の面上にある取付け支持体をさらに含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 4】

前記ダイオード領域に対して電圧を印加すると、前記ダイオード領域から放射された光を反射して前記ダイオード領域に戻し、前記所定の波長範囲の光放射に対して透明な前記基板を通して前記複数のペDESTALから放射するように構成された前記反射層を、前記取付け支持体と前記ダイオード領域との間に含む請求項 2 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 5】

前記ダイオード領域と前記反射層との間に透明電極をさらに含む請求項 4 に記載の発光ダイオード。 10

## 【請求項 6】

前記前記第 1 の面と前記反射層との間に透明電極をさらに含む請求項 4 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 7】

前記反射層が少なくとも 1 つの反射性金属の層を含む請求項 4 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 8】

前記透明電極が、ニッケル / 金、酸化ニッケル / 金、酸化ニッケル / プラチナ、チタン、及び / 又は、チタン / 金の層を含む請求項 6 に記載の発光ダイオード。 20

## 【請求項 9】

前記反射層と前記取付け支持体との間の障壁領域と、  
前記障壁領域と前記取付け支持体との間の結合領域と  
をさらに含む請求項 4 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 10】

前記結合領域が、金、インジウム、はんだ、及び / 又は、真鍮を含む請求項 9 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 11】

前記ダイオード領域と反対側にある前記第 1 の面に隣接した光学素子をさらに含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。 30

## 【請求項 12】

前記ペDESTALが、三角形のペDESTALであることを特徴とする請求項 1 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 13】

前記ペDESTALが、テーパ付きの及び / 又は湾曲した側壁を含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 14】

前記ペDESTALが、傾斜した床面及び / 又は湾曲した床面を含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 15】

前記基板の第 1 及び第 2 の面の周縁部の形状が、正方形である請求項 1 に記載の発光ダイオード。 40

## 【請求項 16】

前記基板の第 1 の面が、断面では、前記基板の中に前記複数のペDESTALを形成するバイアホールのアレイを中に含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 17】

前記バイアホールが、テーパ付きの側壁及び / 又は湾曲した側壁を含む請求項 16 に記載の発光ダイオード。

## 【請求項 18】

前記バイアホールが、平坦な床面と、傾斜した床面と、湾曲した床面とのいずれかを含 50

む請求項 1 6 に記載の発光ダイオード。

【請求項 1 9】

前記基板の第 1 及び第 2 の面の周縁部の形状が、正方形である請求項 1 6 に記載の発光ダイオード。

【請求項 2 0】

前記基板の第 1 の面が、テクスチャー加工した表面を含む請求項 1 6 に記載の発光ダイオード。

【請求項 2 1】

前記バイアホールのアレイが、テーパ付きの及び / 又は湾曲したホールのアレイを含む請求項 1 6 に記載の発光ダイオード。

10

【請求項 2 2】

前記ダイオード領域が、前記第 2 の面の周縁部と、該周縁部によって囲まれた少なくとも 1 つの中心部と、前記少なくとも 1 つの中心部の中に限定されて前記周縁部上に延びない少なくとも 1 つの放射領域とを含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 2 3】

複数の放射領域を前記ダイオード領域上にさらに含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 2 4】

複数の電極を前記ダイオード領域上にさらに含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【請求項 2 5】

20

前記バイアホールに重なり合わない少なくとも 1 つの電極を前記ダイオード領域上にさらに含む請求項 1 6 に記載の発光ダイオード。

【請求項 2 6】

前記基板が炭化ケイ素を含み、前記ダイオード領域が窒化ガリウムを含む請求項 1 に記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

[ 仮出願の相互参照 ]

本出願は、2 0 0 1 年 2 月 1 日に出願した「Light Emitting Diode With Optically Transparent Silicon Carbide Substrate」という題名の仮の米国特許出願第 6 0 / 2 6 5 , 7 0 7 号と、2 0 0 1 年 7 月 2 3 日に提出した「Light Emitting Diodes Including Modifications for Light Extraction and Manufacturing Methods Therefor」という題名の仮の米国特許出願第 6 0 / 3 0 7 , 2 3 5 号とに対する利点を請求する。これら両方の特許の開示内容を引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

30

【0 0 0 2】

[ 発明の分野 ]

本発明は、マイクロ電子デバイス及びその製造方法に関し、より詳細には、発光ダイオード（以下、「LED」とよぶ）及びその製造方法に関する。

【背景技術】

40

【0 0 0 3】

発光ダイオードは、民生用及び工業用の用途に広く使用されている。当業者にはよく知られているように、発光ダイオードは、一般に、マイクロ電子基板上にダイオード領域を含む。このマイクロ電子基板は、例えば、ヒ化ガリウム、リン化ガリウム、その合金、炭化ケイ素、及び / 又は、サファイアを含む。LEDにおける継続した開発の結果、可視スペクトル以上をカバーすることができる効率が高く機械的に強固な光源がもたらされてきている。これらの特質は、固体デバイスの耐用年数が潜在的に長いことに加えて、各種の新しい表示用途を可能にすると共に、かなり確立された白熱灯及び蛍光灯に競合する地位をLEDにもたらした。

【0 0 0 4】

50

LEDの効率の1つの尺度は、ルーメン (lumen) 当たりの費用である。このLEDに対するルーメン当たりの費用は、LEDチップ当たりの製造費用と、LED材料の内部量子効率と、デバイスから生成された光を結合又は抽出する能力との関数である。光抽出問題の概要は、Stringfellowらの1997年にAcademic Pressから発行された「High Brightness Light Emitting Diodes」という題名の教本、特に、第2章ページ47～63のCrafordによる「Overview of Device Issues in High-Brightness Light Emitting Diodes」という題名の中に見出すことができる。

#### 【0005】

光抽出は、例えば、ダイオード領域及び基板を製造するために使用される材料に基づいた多くの方法で実現されている。例えば、ヒ化ガリウム及びリン化ガリウムの材料システムでは、厚いp型の上側のウィンドウ層を光抽出用に使用できる。ヒ化ガリウム/リン化ガリウムの材料システムの中では、液相及び/又は気相エピタキシーを用いて高いエピタキシャル成長速度が可能であるため、このp型のウィンドウ層を成長させることができる。さらに、p型の上側ウィンドウ層が導電性であるため、電流拡散を行うことができる。エッチング速度及びエッチング選択性が高い化学エッチングを用いて、光学的な吸収物質である場合、基板の少なくとも一部を取り除くことができる。分散されたブラッグ反射材も、放射領域及び吸収領域を分離するために、吸収物質とダイオード領域との間に成長される。

#### 【0006】

光を抽出する他の方式は、ダイオード領域及び/又は基板の機械的な成形加工又はテクスチャリング (texturing) を含む。しかしながら、抽出効率をさらに改良することができる他の光抽出技術を提供することが望ましい。さらに、LEDチップの面積を約0.1 mm<sup>2</sup>からより大きな面積に増加して、これにより一層大きなLEDを提供することが望ましい。残念なことに、チップの寸法がより高い電力/輝度、及び/又は、他の用途のために拡大されるため、これらの成形技術の有効性を維持することができない。

#### 【0007】

多くの開発の関心及び商業活動は、最近、炭化ケイ素の中又は上に製造されるLEDに絞られてきている。その理由は、これらのLEDは、可視スペクトルの青/緑の部分における光を放射することができるからである。例えば、本願の譲受人に譲渡された「Blue Light-Emitting Diode With High External Quantum Efficiency」という題名の、Edmondらへの米国特許第5,416,342号公報を参照されたい。その開示内容を引用することにより本明細書の一部をなすものとする。炭化ケイ素の基板上に窒化ガリウムベースのダイオード領域を含むLEDにも、これらのデバイスが高い効率で光を放射するため、多くの関心が寄せられている。例えば、「Pendeoepitaxial Gallium Nitride Semiconductor Layers On Silicon Carbide Substrates」という題名のLinthicumらへの米国特許第6,177,688号を参照されたい。この特許の開示内容を引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

#### 【0008】

そのような炭化ケイ素のLED又は炭化ケイ素上の窒化ガリウムのLEDでは、光を抽出するために従来の技術を使用することは困難である。例えば、厚いp型のウィンドウ層を使用することは、窒化ガリウムの成長速度が比較的に遅いために難しい。また、そのようなLEDは、ブラッグ反射材及び/又は基板除去技術を使用できる利点があるが、基板と窒化ガリウムのダイオード領域との間に反射材を製造すること、及び/又は、炭化ケイ素の基板の少なくとも一部をエッチングで取り除くことは困難である。

#### 【0009】

本願の譲受人に譲渡された、Edmondへの「Method of Production of Light Emitting Diodes」という題名の米国特許第4,966,862号公報は、半導体材料の単一基板上に複数の発光ダイオードを設ける方法を説明している。その開示内容を引用することにより本明細書の一部をなすものとする。この方法は、基板が同じ半導体材料のエピタキシャル層を含む構造体中使用され、この半導体材料は、今度は、間にp-n接合を形成するp

10

20

30

40

50

型及びn型の材料の層を含む。エピタキシャル層及び基板は、個々のダイオードのプリカーサー（precursor）を形成し、各ダイオードのプリカーサー内に互いにp-n接合を描写するメサをエピタキシャル層内に形成するほど十分に深く、所定のパターン内でエッチングされる。そして、基板はエピタキシャル層の側部及びメサの間から所定の深さまで溝が付けられて、基板の機械的な安定性を維持するために溝の下側の基板を十分に保持しながら、基板内のダイオードのプリカーサーの側部を形成する。オーム接点のエピタキシャル層及び基板に加えられて、絶縁材料の層がダイオードのプリカーサー上に形成される。この結果として生じた絶縁層は、オーム接点によってカバーされないエピタキシャル層の部分と、メサに隣接する基板の1つの表面部分と、基板の側部とをカバーする。この結果、各ダイオードの基板の接合部及び側部は、オーム接点を通る接触以外の電氣的接触から絶縁される。ダイオードが切り離される場合には、導電性のエポキシが結果として生じたダイオードと短絡することを心配せずに、これらのダイオードを従来の方法でエポキシ内の接合側に取り付けることができる。これは、米国特許第4,966,862号の要約を参照されたい。

【0010】

本発明の譲受人に譲渡された、Carter, Jr.への「High Efficiency Light Emitting Diodes From Bipolar Gallium Nitride」という題名の米国特許第5,210,051号公報は、ドナー濃度が $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以下の固有でほぼ未ドーピングの単結晶の窒化ガリウムを成長する方法を開示している。その開示内容を引用することにより本明細書の一部をなすものとする。この方法は、成長面を含む反応チャンバの中に窒素のソースを取り入れる工程と、同時にガリウムのソースを同じ反応チャンバ内に取り入れる工程と、窒素原子及びガリウム原子を上を窒化ガリウムが成長する成長面に向ける工程とを含む。この方法は、成長面に当たって適当な格子サイト（lattice site）の中に到達及び移動するガリウム及び窒素の原子に対して十分な表面移動性を与えて、これにより良好な結晶性を実現し、有効なスティッキング係数（sticking coefficient）を実現し、成長面上に窒化ガリウムのエピタキシャル層を成長させるために十分高い温度であるが、反応チャンバ内の窒素種の分圧が他の周囲条件のもとで窒化ガリウム上のこれらの窒素種の平衡蒸気圧に達し、これにより、結果として生ずるエピタキシャル層内の窒化ガリウム及び窒素の空位からの窒素の損失を最小にするためには十分に低い温度で成長面を同時に維持する工程をさらに含む。このことは、米国特許第5,210,051号公報の要約を参照されたい。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

上記の説明を考慮すると、改良された光抽出技術はLEDに対して、特に、炭化ケイ素から製造された、炭化ケイ素上の窒化ガリウムから製造された、及び/又は、比較的に大きな面積を有するLEDに対して望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明のいくつかの実施形態による発光ダイオードは、第1及び第2の対向する面を有する基板を含む。この基板は、所定の波長範囲の光放射に対しては透明であり、断面では、第1の面から第2の面に向かって基板の中に延びる複数のペDESTAL（pedestals）を形成するようにパターン化されている。本願で使用する「透明な（transparent）」という用語は、所定の波長範囲のいくつか又は全ての光放射が中を追加できる、すなわち不透明でない基板、層又は領域などの要素を指す。第2の面上のダイオード領域は、電圧がダイオード領域にわたって印加されると、所定の波長範囲の光を基板内に放射するように構成される。別の実施形態では、ダイオード領域上の基板の反対側の取付け支持体は、電圧がダイオード領域にわたって印加されると、ダイオード領域から基板の中に放射される光が第1の面から放出されるように、ダイオード領域を支持するように構成される。いくつかの実施形態では、ペDESTALを有する透明な基板上の発光ダイオードは、基板を通して光を放射するために、ダイオード領域を取付け支持体に隣接し基板を取付け支持体の反対

側で、取付け支持体に反転取り付けされる。別の実施形態では、ペDESTALを有する透明な基板上の発光ダイオードは、基板が取付け支持体に隣接し、ダイオード領域が取付け支持体の反対側になるようにして、取付け支持体に取り付けられる。このように、非フリップチップ取付けも提供される。

【0013】

本発明のさらに別の実施形態では、取付け支持体とダイオード領域又は基板との間に反射材が設けられる。この反射材は、ダイオード領域に対して電圧が印加されると、ダイオード領域から逆にダイオード領域を通り、基板を通過しペDESTALから放射される光を反射するように構成される。別の実施形態では、ダイオード領域と反射材との間に透明な電極も設けられる。さらに別の実施形態では、はんだのプリフォーム (preform) 及び / 又は他のボンディング領域が反射材と取付け支持体との間に設けられ、及び / 又は、ウィンドウ又はレンズのような光学素子がダイオード領域の反対側の第1の面に隣接して設けられる。さらに別の実施形態では、ダイオード領域は、周辺部とこの周辺部によって囲まれた少なくとも1つの中央部とを含み、発光ダイオードは、この少なくとも1つの中央部の中に閉じ込められて、周辺部上には延びない少なくとも1つの電極をダイオード領域上にさらに含む。中央部はダイオード領域の中心に位置する必要がないことは理解されよう。

【0014】

本発明の他の実施形態では、LEDの基板及び / 又はダイオード領域用の接点構造体は、透明なオーム領域と反射材と障壁領域とボンディング領域とを含む。この透明なオーム領域は、電氣的接触及び / 又は電流波及 (current spreading、または、電流拡がり) を提供する。反射材は少なくともいくつかの入射光を反射すると共に、電流波及を行う。障壁領域は反射材及び / 又はオーム領域を保護する。ボンディング領域は、LEDのパッケージを取付け支持体に結合する。いくつかの実施形態では、透明なオーム領域と反射材との機能性を、1つのオーム・反射材領域の中に結合させることができる。本発明のこれらの実施形態による接点構造体は、従来の炭化ケイ素のLED、炭化ケイ素のLED上の窒化ガリウム、及び / 又は、他のLEDと共に使用することもできる。

【0015】

本発明のさらに別の実施形態では、基板の第1の面は、三角形のペDESTAL等の複数のペDESTALを基板の中に形成する少なくとも1つの溝を基板の第1の面内に含む。これらの溝は、テーパ付きの側壁及び / 又は傾斜が付いた床面を含む。基板の第1及び第2の面は、正方形の周辺部を有し、及び / 又は、基板の第1の面はテクスチャー加工される。発光ダイオードは、ダイオード領域上に複数の放射領域及び / 又は電極をさらに含む。各放射領域及び / 又は電極は、それぞれのペDESTALの中に閉じ込められて、このそれぞれのペDESTALを超えて延長することはない。

【0016】

本発明のさらに別の実施形態では、基板の第1の面は、バイアホール (via hole) のアレイを基板の第1の面内に含む。これらのバイアホールは、テーパ付きの側壁及び / 又は床面を含む。バイアホールは、基板を通る一部の通路のみに延びることが好ましいが、別の実施形態では、基板を通る全ての通路に延びることができる。第1及び第2の基板面は、正方形の周辺部を有し、及び / 又は第1の面はテクスチャー加工される。この発光ダイオードは、バイアホールのアレイに重ならないダイオード領域上にさらに少なくとも1つの電極を含む。

【0017】

ペDESTAL及び / 又はバイアホールのアレイを炭化ケイ素の基板又は炭化ケイ素でない基板を含む発光ダイオードと共に使用して、そこからの光抽出を改良することもできる。さらに、前述した電極は、炭化ケイ素でない基板を含む発光ダイオードと共に使用することもできる。例えば、基板の第1の面の表面積が第2の面よりも小さく、ダイオード領域が第2の面上にある場合には、放射領域は第1の面の小さい表面積内に限定されるダイオード領域上に設けられる。

【0018】

10

20

30

40

50

本発明の別の実施形態では、第１及び第２の対向する面と、ダイオード領域に対して電圧が印加されると光を基板の中に放射するように構成された、第２の面上の窒化ガリウムベースのダイオード領域を有する補償された無色の炭化ケイ素の基板とを含む。取付け支持体、反射材、接点構造体、溝、ペDESTAL、テクスチャー加工、及び／又は、限定された放射領域又は電極が、前述したいくつかの実施形態に基づいて設けられる。

【００１９】

このため、多くの前述した実施形態は、ダイオード領域が基板の中に放射した少なくとも一部の光を基板から抽出する手段の実施形態を含む。これらの抽出する手段の実施形態は、無色の炭化ケイ素基板を提供するために炭化ケイ素基板の中のドーパントを補正する工程、断面において第１の面から第２の面に向かって基板の中に延びる複数のペDESTALを定義するために基板をパターン化する工程、及び／又は、前述した他の多くの実施形態である、取付け支持体、反射材、接点構造体、溝、ペDESTAL、テクスチャー加工、及び／又は限定された放射領域又は電極を含む。

【００２０】

発光ダイオードは、本発明のいくつかの実施形態に基づいて、第１及び第２の対向する面を有する基板の第２の面上で所定の波長範囲の光を放射するように構成され、この所定の波長範囲の光放射に対して透明なダイオード領域を形成することによって製造することができる。この基板は、ダイオード領域を形成する前、形成する間、及び／又は、形成した後にパターン化されて、断面では第１の面から第２の面に向かって基板の中に延びる複数のペDESTALを形成する。他の実施形態では、ダイオード領域を支持するように構成された取付け基板上にダイオード領域を実装して、電圧をダイオード領域に印加すると、ダイオード領域から基板の中に放射される光が第１の面から放射される。実装する工程は、ダイオード領域上に反射材を形成する工程の前に行われて、ダイオード領域に対して電圧が印加されると、ダイオード領域から基板を通してダイオード領域に戻り第１の面から放射される光を反射するように反射材が構成される。反射材を形成する前に、透明なオーム接点も基板の反対側のダイオード領域上に形成される。反射材を形成した後に、障壁領域及び／又は接着領域も形成される。別の実施形態では、取付け支持体が、障壁領域及び／又は接着領域の間の反射材に隣接して配置され、LEDが取付け支持体に結合される。さらに別の実施形態では、電極がダイオード領域上に形成される。この電極は、ダイオード領域の中央部の中に限定され、その周辺部には延びない。

【００２１】

他の方法の実施形態は、基板の第１の面内に複数の交差する溝を形成する工程を含み、三角形のペDESTALなどの複数のペDESTALを基板の中に形成する。これらの溝は、テーパ付きの側壁及び／又は傾斜が付いた床面を含む。基板の第１の面をテクスチャー加工しても良い。複数の電極もダイオード領域上に形成される。いくつかの実施形態では、それぞれの電極は、それぞれのペDESTALの中に限定され、それぞれのペDESTALを超えて延びない。

【００２２】

本発明によるさらに別の方法の実施形態は、基板の第１の面内のバイアホールのアレイを反応イオンエッチングする工程を含む。これらのバイアホールは、テーパ付きの側壁及び／又は床面を含む。第１の面はテクスチャー加工される。電極は、バイアホールのアレイに重ならないダイオード領域上に形成される。

【００２３】

複数の交差する溝を形成する工程、及び／又は第１の面内にバイアホールのアレイを反応エッチングする工程を、炭化ケイ素の基板又は炭化ケイ素を含まない基板から成る発光ダイオードに対して使用して、そこからの光抽出を改良することができる。さらに、第１の面の小さい表面積内に限定されたダイオード領域上の放射領域の形成を、他の従来の発光ダイオードに使用して、そこからの光抽出を改良することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００２４】

本発明の好ましい実施形態が示されている添付の図面を参照しながら、本発明を以下のように完全により説明する。しかしながら、本発明は多くの異なった形態で具体化することができるが、本願に記載された実施形態に限定されると解釈してはならない。むしろ、この開示が詳細で完全であり、また発明の範囲を当業者に十分に伝えるように、これらの実施形態が提供される。図面では、層及び領域の厚さは明快にするため誇張されている。全体を通して、同じ番号は同様の素子を指している。層、領域又は基板等のあるエレメントが別のエレメントの「上に」ある又は他のエレメントの「上に」延びると言われる場合には、そのエレメントは、別のエレメントの直接上にあるか若しくは直接上に延びる、又は介在するエレメントが存在する場合もあることが理解されよう。その一方で、あるエレメントが別のエレメントの「直接上に」ある又は「直接上に」延びると言われる場合には、介在するエレメントは存在しない。さらに、本願で説明されて図示された各実施形態は、その相補的な導電型の実施形態も同様に含むものである。

10

#### 【0025】

ここで本発明の実施形態は、全体的に、炭化ケイ素ベースの基板上の窒化ガリウムベースの発光ダイオードに関連して説明される。しかしながら、本発明の多くの実施形態が放射光を吸収しない、すなわち、透明な基板と発光ダイオードのエピタキシャル層に適合した係数との任意の組み合わせを用いて採用されることが当業者は理解されよう。いくつかの実施形態では、基板の屈折率はダイオードのそれよりも大きい。このため、組み合わせには、GaP基板上のAlGaInPダイオード、GaAs基板上のInGaAsダイオード、GaAs基板上のAlGaAsダイオード、SiC基板上のSiCダイオード、サファイア( $Al_2O_3$ )基板上のSiCダイオード、及び/又は、窒化ガリウム、炭化ケイ素、窒化アルミニウム、酸化亜鉛及び/又は他の基板上の窒化物ベースのダイオードが含まれる。

20

#### 【0026】

図1は、本発明のいくつかの実施形態による発光ダイオードの断面図である。図1に示すように、これらの発光ダイオード100は、第1及び第2の対向する面110a及び11bを有し、所定の波長範囲の光放射に対して透明な炭化ケイ素の基板110を含む。ダイオード領域170は第2の面110b上にあり、電圧がダイオード領域に対して、例えば、オーム接点150及び160に対して加えられると、所定の波長範囲の光放射に対して透明な炭化ケイ素の基板110内に所定の波長範囲の光を放射するように構成される。

30

#### 【0027】

さらに図1を参照すると、ダイオード領域170は、n型層120と、活性領域130と、p型層140とを含む。オーム接点150及び160は、p型層140及びn型層120にそれぞれ設けられ、陽極及び陰極をそれぞれ形成する。n型層120、活性領域130、及び/又はp型層140を含むダイオード領域170は、窒化ガリウムベースの半導体層から構成することが好ましい。これらの半導体層は、窒化インジウムガリウム、及び/又は、窒化アルミニウムインジウムガリウムなどの窒化ガリウムの合金を含む。炭化ケイ素上に窒化ガリウムを製造する方法は当業者にはよく知られており、例えば、上述の本明細書の一部をなすものとする米国特許第6,177,688号公報の中で説明されている。例えば、米国特許第5,393,993号公報と、米国特許第5,523,589号公報と、米国特許第6,177,688号公報と、「Vertical Geometry InGaN Light Emitting Diode」という題名の米国特許出願第09/154,363号の中に説明されているように、例えば窒化アルミニウムから成るバッファ層をn型の窒化ガリウム層120と炭化ケイ素の基板110との間に設けることができることも理解されよう。それらの開示内容は、引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

40

#### 【0028】

活性領域130は、n型若しくはp型の単一の層又は本質的な窒化ガリウムベースの材料、別のホモ構造(homostucture)、単一のヘテロ構造、二重ヘテロ構造、及び/又は、量子井戸構造から構成する。それらの全ては当業者にはよく知られている。さらに、この活性領域130は、1つ以上のクラッド層によって囲まれた光放射層を含む。n型の窒

50



化ガリウム層 1 2 0 がシリコンをドーブした窒化ガリウムから成り、一方、p 型の窒化ガリウム層 1 4 0 がマグネシウムをドーブした窒化ガリウムから構成することが好ましい。その上、活性領域 1 3 0 は、少なくとも 1 つの窒化インジウムガリウムの量子井戸を含むことが好ましい。

#### 【 0 0 2 9 】

いくつかの実施形態では、p 型の窒化ガリウム層 1 4 0 用のオーム接点 1 5 0 は、プラチナ、ニッケル、及び / 又は、チタン若しくは金を含む。別の実施形態では、例えば、アルミニウム及び / 又は銀から構成する反射形オーム接点を使用する。n 型の窒化ガリウム 1 2 0 用のオーム接点 1 6 0 は、アルミニウム及び / 又はチタンから構成することが好ましい。p 型の窒化ガリウム及び n 型の窒化ガリウムに対してオーム接点を形成する他の適当な材料を、それぞれオーム接点 1 5 0 及び 1 6 0 に使用することができる。n 型の窒化ガリウム及び p 型の窒化ガリウムに対するオーム接点の実施例は、例えば、米国特許第 5 , 7 6 7 , 5 8 1 号公報の中で示されている。その開示内容は、引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

#### 【 0 0 3 0 】

さらに図 1 を参照する。いくつかの実施形態では、基板 1 1 0 は、所定の波長範囲の光放射に対して透明な炭化ケイ素の基板を含む。所定の波長範囲の光放射に対して透明な炭化ケイ素の基板を製造する 1 つの技術は、本発明の譲受人に譲渡された、米国特許第 5 , 7 1 8 , 7 6 0 号公報の中で説明されている。その開示内容は、引用することにより本明細書の一部をなすものとする。炭化ケイ素の基板 1 1 0 は、2 H、4 H、6 H、8 H、1 5 R、及び / 又は、3 C のポリタイプを含む。6 H 及び / 又は 4 H のポリタイプは、オプトエレクトロニクス用途には好ましい。

#### 【 0 0 3 1 】

別の実施形態では、炭化ケイ素の基板 1 1 0 は、上記の米国特許第 5 , 7 1 8 , 7 6 0 号公報の中で説明されているように、補償された無色の炭化ケイ素の基板である。この特許で説明されているように、無色の炭化ケイ素は、補償された量の p 型及び n 型のドーパントが存在する中で炭化ケイ素を昇華することによって製造される。自然に生じる炭化ケイ素は、一般に、不純物レベルが高いために黒である。従来のマイクロエレクトロニクス用炭化ケイ素のウェハの色は、結晶内の制御されたドーピングレベルにより、半透明の青、琥珀色、又は緑となる。米国特許第 5 , 7 1 8 , 7 6 0 号公報の中で説明されているように、補償されたレベルの n 型及び p 型のドーパントを用いて炭化ケイ素の結晶のドーピングを低いドーピング濃度に注意深く制御することによって、無色の単結晶の炭化ケイ素が得られることが判明している。特に、材料内の意図しない窒素 ( n 型 ) のドーピングを減らして、好ましくは最小にして、補償された p 型ドーパントのレベルを低くし、これにより無色の単結晶を作ることが望ましい。

#### 【 0 0 3 2 】

図 6 に示すように、4 H - S i C は、約 4 6 0 n m に吸収ピークがあることにより特徴付けられる。図 6 は、吸収ピークを著しく減らすことができる 4 H - S i C 内のドーピングレベルを低下させることによって、4 H - S i C が約 4 6 0 n m で透明になることを示している。4 H - H D と記された曲線は、約  $2.5 \times 10^{18}$  の正味のドナー濃度でドーピングされた 4 H 炭化ケイ素に対する測定された吸収値を示し、一方、4 H - L D と記された曲線は、約  $5 \times 10^{17}$  の正味のドナー濃度でドーピングされた 4 H 炭化ケイ素に対する測定された吸収値を示す。ドーピングレベルをさらに減らすと、結果として吸収レベルがさらに低くなる。また、6 H と記された曲線は、約 4 6 0 n m における透明な基板を示す。

#### 【 0 0 3 3 】

本発明のいくつかの実施形態によると、例えば、米国特許第 5 , 7 1 8 , 7 6 0 号公報とその中に引用された参考文献の中で説明された工程とに基づいて成長された炭化ケイ素の無色の素材は、加工するためにウェハに切断される。窒化ガリウムベースのエピタキシャル層を、例えば、米国特許第 6 , 1 7 7 , 6 8 8 号公報の中で説明されたように、これらのウェハ上に形成することができ、次に、これらのウェハを、図 1 に示したような構造

体を作るために処理することができる。

【 0 0 3 4 】

炭化ケイ素の基板を有する L E D では、多くの理由のために、活性領域で発生した光が基板に入らないようにすることが以前は好ましかった。例えば、炭化ケイ素はヒ化ガリウムと比較すると透明性が高いが、従来の炭化ケイ素の基板は、可視スペクトルの部分の光をいくらか吸収してしまう。さらに、従来の炭化ケイ素のデバイス (device) は下向きに基板に取り付けられる縦形のデバイスであるため、基板に入射するいくらかの光は、デバイスから抽出される前に基板を通して反射して戻されることがあり、このため、基板内の吸収損失が増加する。反射損失は、デバイスの全体的な効率も減少させる。

【 0 0 3 5 】

窒化ガリウム及び炭化ケイ素の屈折率は同様である。特に、窒化ガリウムの屈折率は約 2 . 5 であり、一方、炭化ケイ素の屈折率は約 2 . 6 ~ 2 . 7 である。その意味で、窒化ガリウム及び炭化ケイ素は光学的に適合すると言われる。このため、窒化ガリウムと炭化ケイ素との間の境界では、極めて僅かな内部反射しか発生しない。その結果、窒化ガリウムベースの基板内で発生した光が炭化ケイ素の基板内を通過しないようにすることは困難である。

【 0 0 3 6 】

例えば、米国特許第 5 , 7 1 8 , 7 6 0 号公報の中で説明された方法に基づいて成長された、補償された無色の炭化ケイ素の基板を設けることによって、炭化ケイ素の基板内の可視光の吸収を減少させることができる。当業者にはよく知られているように、いわゆる「ビーダマン効果 (Biedermann Effect) 」により、ドーピングが増加するにつれて吸収損失が増加する。このため、基板からの可視光の抽出はドーピングが減ると、好ましくは最小になると向上され、これにより、デバイスの全体的な効率が改良される。炭化ケイ素とは対照的に、サファイアの屈折率は約 1 . 8 である。このため、サファイアベースの窒化ガリウムの L E D では、窒化ガリウムの活性層内で発生した大部分の光は基板の中を通過しないが、基板から反射されてしまう。

【 0 0 3 7 】

本発明の別の実施形態では、炭化ケイ素基板のドーピングは、デバイスのダイオード領域 1 7 0 内で発生した波長範囲の光が基板 1 1 0 では吸収されないが、他の波長は吸収されるように制御される。従って、炭化ケイ素基板の吸収特性は、光の望ましい波長を通過するように調整される。例えば、活性領域 1 3 0 は、4 5 0 n m 近傍の青色光を放射するように設計される。炭化ケイ素基板 1 1 0 のドーピングは、波長が約 4 5 0 n m の光線が基板 1 1 0 によってほとんど吸収されないように制御される。このため、この基板は、完全に無色ではなく、また他の波長を吸収するが、それでもなお、この基板は、関心のある波長すなわち L E D 領域 1 7 0 内で発生した波長に対しては透明である。好ましい実施形態では、炭化ケイ素基板 1 1 0 のバンドギャップ及び / 又はドーピングは、基板が約 3 9 0 ~ 5 5 0 n m の範囲内の光に対して透明であるように制御される。

【 0 0 3 8 】

従って、いくつかの実施形態では、基板 1 1 0 は、デバイスが出力する光のスペクトルの純度を改良するフィルタと考えることができる。例えば、窒化ガリウムベースの青色 L E D は、望ましい放射の他に紫外 (以下、「U V」とよぶ) スペクトルの不要な放射を発生することは、当業者にはよく知られている。そのような U V 放射は、L E D が実装されるプラスチック材料を劣化する可能性があり、結果として信頼性の問題及び / 又は寿命を短くすることにつながるため、パワーレベルが適度に低い場合であっても望ましくない。6 H 炭化ケイ素が U V 光を吸収することもよく知られている。従って、不要な U V 放射をフィルタで除去する 6 H 炭化ケイ素基板を通して光を抽出することが好ましい。

【 0 0 3 9 】

従来は多くの方法で行ったように、光が基板に入射することを阻止又は抑制する代わりに、本発明の実施形態はダイオード領域 1 7 0 の中で発生した光が基板 1 1 0 の中に入射するように仕向けることができる。この基板 1 1 0 の中で、光を最も効率的に抽出するこ

10

20

30

40

50

とができる。このため、本発明のいくつかの実施形態は、ダイオード領域により基板の中に放射された光の少なくともいくらかを基板から抽出する手段を提供することができる。このため、本発明のいくつかの実施形態は、図2に関連してこれから説明するような、いわゆる「フリップチップ(flip-chip)」すなわち「アップサイドダウン(upside-down)」式のパッケージング構成の中で使用する場合に特に好都合である。本発明の実施形態は、図6に関連して説明するような、従来の「ライトサイドアップ(right-side-up)」又は「ノンフリップチップ(non-flip-chip)」パッケージングと共に使用することもできる。

#### 【0040】

ここで図2を参照すると、本発明の実施形態による発光ダイオードの別の実施形態が示されている。図2では、結合領域220及び230を用いて、ヒートシンクのような取付け支持体210の上にフリップチップ式にすなわち上下逆に取り付けられた発光ダイオード200が示されている。これらの結合領域220及び230は、はんだのプリフォームを含む。はんだのプリフォームは、ダイオード領域及び/又は取付け支持体210に取り付けられ、従来のはんだリフロー技術を用いて、オーム接点150及び160を取付け支持体210に取り付けるために再流動することができる。別の結合領域220及び230は、金、インジウム、及び/又は、真鍮から構成する。さらに図2に示すように、フリップチップすなわちアップサイドダウン式のパッケージング構成では、炭化ケイ素の基板110は取付け支持体210から離して上側に配置され、ダイオード領域170は取付け支持体210に隣接して下側に配置される。障壁領域(図示せず)は、それぞれのオーム接点150、160とそれぞれの溶解領域220、230との間に含まれる。この障壁領域は、ニッケル、ニッケル/バナジウム、及び/又は、チタン/タングステンを含みうる。他の障壁領域も使用することができる。

#### 【0041】

さらに図2を参照する。活性領域130の中で生成された光線250で示す光は、基板110に入射し、基板110の第1の面110aからデバイスを出射する。活性領域130の中で生成された光が基板110に入射するように、反射材240を設ける。この反射材240は、活性領域130と取付け支持体210との間に、基板110に対向して配置される。反射材240は、図2に示すように、活性領域130とp型層140との間に配置することもできる。しかしながら、1つ以上の介在層が反射材240と活性領域130及び/又はp型層140との間にあっても良い。さらに、反射材240と活性領域130との間にp型層140を配置できる。例えば、後に示す図16に関連して説明するが、他の構成にすることもできる。

#### 【0042】

反射材240は、窒化アルミニウムガリウム(AlGaIn)の層及び/又は活性領域130から後方の基板110に向かって光を反射できる分散形ブラッグ反射材を含みうる。ブラッグ反射材の設計及び製造は当業者にはよく知られており、例えば、米国特許第6,045,465号公報の中で説明されている。その開示内容は、引用することにより本明細書の一部をなすものとする。反射材が活性領域130自体からの光子放射のパターンを変えて、これにより、より多くの光子をデバイスから放射させることができるも理解されよう。他の従来の反射材の構造も使用できる。

#### 【0043】

さらに図2を参照すると、活性領域130内で生成された光が、最初は基板110から離れる方向に移動するが、どのように反射材240によって基板を通りデバイス200から出射するように後方に反射されるかを図示するために、典型的な光線250が示されている。図2に示したフリップチップ構成では、光線250は、デバイスから出射する前に1回基板110を通過する必要があるだけであることに注意されたい。

#### 【0044】

本発明の実施形態によるLED200は、光放射用のレンズ282のような光学素子を含む従来のドーム構造体280の中にパッケージ化される。ドーム280全体が光学素子

として機能する。アノード用リード260とカソード用リード270とを外部接続用にも設けている。ドーム構造体280は、プラスチック、ガラス、及び/又は、他の材料を含み、シリコンのゲル及び/又は他の材料をその中に含む。

【0045】

ここで図3を参照する。炭化ケイ素の基板110の第1の面110a上にカソード用オーム接点160'を設け、第1の面110a上のカソード用オーム接点160'と外部のカソード用リード270との間に線390又は他の電氣的接続体を設けることにより、縦形の発光ダイオード300がフリップチップ構成の中にパッケージ化される。例えば、下記の図16に関連して説明するように、非フリップチップ構成を設けることもできる。

【0046】

図4は、本発明の実施形態による他のLEDを図示する。これらのLED400では、アノード接点は、薄い透明なオーム接点412及び反射材414を始めとする複数の層から成るオーム・反射領域410を含む。この薄い透明なオーム接点412は、プラチナを含み、好ましくは、光がかなり吸収されることを避けるためにできるだけ薄くする必要がある。薄い透明なオーム接点412の厚さは、プラチナの透明な電極412用に約10と約100との間であることが好ましい。他の実施形態では、薄い透明なオーム接点412は、約10と約100との間の厚さを有する、ニッケル/金、酸化ニッケル/金、酸化ニッケル/プラチナ、チタン、及び/又は、チタン/金を含む。反射材414は、約300よりも薄いことが好ましく、アルミニウム及び/又は銀を含むことが好ましい。図4の実施形態は、反射材414が薄い透明なオーム接点412の全表面積にわたって薄い透明なオーム接点412と接触するため、電流の拡散を改良することができる。このため、従来のデバイスの場合のように、電流はアノード接点410を通して横方向に移動する必要はない。電流の拡散はこのように向上される。図2及び図3に示すように図4のデバイス400をパッケージ化することもできる。例えば、図16及び図17に関連して後に詳細に説明するように、他の接点構造を使用することもできる。例えば、ニッケル、ニッケル/バナジウム、及び/又は、チタン/タングステンを含む障壁領域155を、反射材414と結合領域220との間、及び、オーム接点160と結合領域230との間に設けることができる。

【0047】

本発明の他の実施形態によるLEDを図5に示す。LED500のこれらの実施形態は、基板110'の少なくともいくつかの側壁110cを傾斜させる、すなわち斜めにすることによって、LEDからの光の抽出を向上させることができる。傾斜した側壁110cに当たる光の入射角は、一般に、傾斜しない場合よりも直角に近いので、基板110'に反射されて戻る光は少ない。このため、デバイス全体の効率を向上させることができる光を基板110'から抽出できることになる。例えば、従来の方法を用いて、基板110'の側壁110c及び/又は第1の面110aを粗くする又は織り目を付けることによって、抽出効率をさらに向上させることができる。

【0048】

従って、本発明のいくつかの実施形態による発光ダイオードは、基板と窒化ガリウムベースのダイオード領域とを含む。この基板は、所定の放射範囲に対して、好ましくは昇華によって製造された単結晶の透明な炭化ケイ素から構成する。基板の厚さは、約100μmと約1000μmとの間である。基板からの光の抽出を増加することによって、ダイオードの外部効率を向上させることができる。本発明のいくつかの実施形態では、ダイオードは、ダイオード領域の中で生成された光を反射して基板へと戻し、デバイスから取り出すための反射材を含む。この反射材は、基板に対向する活性領域上に、屈折率が比較的に低い材料(AlGaInなど)の層を含む。別の方法では、反射材は透明なオーム接点上に、構造体内及び/又は、アルミニウム及び/又は銀のコーティング層内にブラッグ反射材を含む。他の実施形態を後で説明する。さらに別の実施形態では、基板の側壁の一部を傾斜させる及び/又は粗くして、光抽出を向上できるようにする。本発明の実施形態によるダイオードは、フリップチップ式取付け構造体の中での使用に特に適している。しかしな

10

20

30

40

50

がら、非フリップチップ式取付けを使用することもできる。

【 0 0 4 9 】

上記の図 1 ~ 図 6 の中で説明した本発明の実施形態は炭化ケイ素の基板を変更して、所定の波長範囲の少なくともいくつかの光を抽出する手段を具体化し、これにより、炭化ケイ素の L E D 上に窒化ガリウムのフリップチップ式又は非フリップチップ式取付けを可能にする。ここで、本発明の他の実施形態を説明する。この場合には、様々な幾何学的な変更を基板に対して行い、基板から少なくともいくつかの光を抽出する別の実施形態の手段を提供して、抽出効率を向上できるようにする。大きな面積のチップが製造される場合には、これらの基板の変更は特に有用であり、基板から少なくともいくつかの光を抽出する別の実施形態の手段を提供して、基板の内部領域からの抽出効率を改良することができる。上記の図 1 ~ 図 6 に関連して説明したように、これらの改良は炭化ケイ素の基板と共に使用できるが、ヒ化ガリウム、リン化ガリウム、それらの合金、及び / 又は、サファイアを含む従来の基板と一緒に使用することもできる。

10

【 0 0 5 0 】

図 7 A は、本発明の別の実施形態による L E D の平面図である。図 7 B 及び図 7 C は、本発明の別の実施形態に基づいて、図 7 A の線 7 B - 7 B ' に沿って切り取った図 7 A の L E D の断面図である。

【 0 0 5 1 】

ここで図 7 A ~ 図 7 C を参照すると、これらの L E D は、それぞれ第 1 及び第 2 の対向する面 7 1 0 a 及び 7 1 0 b を有する基板 7 1 0 と、この基板 7 1 0 の第 2 の面 7 1 0 b 上のダイオード領域 7 4 0 とを含む。基板 7 1 0 は、図 1 ~ 図 6 に説明したような炭化ケイ素の基板 1 1 0 及び / 又は他の従来の L E D 基板とすることができる。ダイオード領域 7 4 0 は、上記の図 1 ~ 図 5 のダイオード領域 1 7 0 及び / 又は任意の他の従来のダイオード領域を含む。

20

【 0 0 5 2 】

さらに図 7 A に示すように、これらの L E D 7 0 0 の第 1 の面 7 1 0 a は、基板の中に複数のペDESTAL 7 3 0 を形成する複数の溝 7 2 0 を中に含む。図 7 A では、三角形のペDESTAL が示されている。しかしながら、他の多角形又は多角形でない形状のペDESTAL を設けることもできる。図 7 B に示すように、溝 7 2 0 は傾斜が付いた床面 7 2 2 を含む。しかしながら、平坦な床面も含みうる。さらに、溝の側壁 7 2 4 は、第 1 及び第 2 の面 7 1 0 a 及び 7 1 0 b に垂直であるように示してあるが、テーパ付きの側壁にすることもできる。この場合には、側壁の断面積は、基板 7 1 0 の第 1 の面 7 1 0 a から第 2 の面 7 1 0 b に向かって縮小することが好ましい。

30

【 0 0 5 3 】

図 7 C は、非平面形状が設けられた別の実施形態を示す。これにより、広いソーカット ( saw cut ) 又は他の技術を用いて、基板 7 1 0 ' 内にテーパが付き湾曲した側壁 7 2 4 、湾曲した床面 7 2 2 ' 、及び / 又は、ドーム形の第 1 の面 7 1 0 a ' を有するペDESTAL 7 3 0 ' を形成することができる。その結果、これらのペDESTAL 7 3 0 ' の実施形態により、全体的な内部反射を低減できるレンズ状の構造体が形成される。別の方法では、湾曲した又はレンズ状の第 1 の面 7 1 0 a ' 及び / 又は床面 7 2 2 ' ではなく、切子面 ( facet ) を第 1 の面 7 1 0 a ' 及び / 又は床面 7 2 2 ' 上に形成して、光の抽出をさらに向上させる。エッチング、ソーカット、レーザカット、及び / 又は、他の従来の技術を用いて、これらの構造体を作ることができる。

40

【 0 0 5 4 】

最後に、図 7 A ~ 図 7 C に示すように、第 1 及び第 2 の面 7 1 0 a と 7 1 0 a ' と 7 1 0 b との周辺部は正方形である。しかしながら、他の形状を使用することもできることが理解されよう。例えば、周辺の形状が三角形の第 1 及び第 2 の面を使用することもできる。さらに、4 つの三角形のペDESTAL 7 3 0 が示されているが、2 つ以上のペDESTAL も使用でき、また、例えば、0 . 1 m m <sup>2</sup> よりも大きい面積の比較的に大きなチップでは、4 つよりも多いペDESTAL を使用することが好ましい。

50

## 【 0 0 5 5 】

図 8 A は、本発明のさらに別の実施形態による L E D の平面図である。図 8 B 及び図 8 C は、本発明のさらに別の実施形態による図 8 A の L E D の、線 8 B - 8 B ' に沿って切り取った断面図である。

## 【 0 0 5 6 】

図 8 A に示すように、これらの発光ダイオード 8 0 0 は、第 1 及び第 2 の対向する面 8 1 0 a 及び 8 1 0 b を有する基板 8 1 0 と、この第 2 の面 8 1 0 b 上のダイオード領域 8 4 0 とを含む。基板 8 1 0 は、図 1 ~ 図 6 に関連して説明したような炭化ケイ素の基板 1 1 0、及び / 又は、任意の他の従来の L E D 基板とすることができる。ダイオード領域 8 4 0 は、図 1 ~ 図 5 で説明したような窒化ガリウムベースのダイオード領域 1 7 0、及び / 又は、任意の他の従来のダイオード領域とすることができる。

10

## 【 0 0 5 7 】

図 8 A 及び図 8 B に示すように、基板 8 1 0 は、第 1 の面 8 1 0 a 内にバイアホール 8 2 0 のアレイを含む。これらのバイアホール 8 2 0 は、基板 8 1 0 を一部だけ通るように延びることが好ましいが、他の実施形態では、それらは基板 8 1 0 を貫通することができる。また図示のように、バイアホールはテーパ付きの側壁 8 2 4 を備えることができる。側壁 8 2 4 は湾曲又は垂直とすることができる。さらに、第 1 及び第 2 の面 8 1 0 a 及び 8 1 0 b と直交する湾曲した又は真っ直ぐな側壁も使用できる。バイアホール 8 2 0 は、平坦な、傾斜した及び / 又は湾曲した床面 8 2 2 を有して、フラストな円錐状 (frusto-conical) 又は円柱状のバイアホールを提供する。バイアホールは、床面 8 2 2 を含まずに点状にして、円錐状のバイアホールを提供することもできる。4 つの完全なバイアホール及び 1 2 の部分的なバイアホールのアレイが図 8 A 及び図 8 B に示されているが、2 つ以上のバイアホール 8 2 0 を使用することができ、大きな面積のチップ、例えば、 $0.1 \text{ mm}^2$  よりも大きい面積を有するチップについては、5 つ以上の完全なバイアホール 8 2 0 を含むことが好ましい。

20

## 【 0 0 5 8 】

図 8 B に示すように、第 1 の面を 1 つ以上の切子面を中に含む傾斜が付いた第 1 の面 8 1 0 a とすることができる。別の実施形態では、上面 8 1 0 a に丸みを付けて、レンズ状の構造体とすることができる。

## 【 0 0 5 9 】

以下に詳細に説明するように、図 7 A ~ 図 7 C の溝 7 2 0 は、チップをさいの目に切断する前又は後に、例えば、チップの側面に対して  $45^\circ$  の角度でダイシングソー (dicing saw) を用いて製造することができる。マスクを通す反応イオンエッチングや、レーザによる切断や、湿式エッチング等を含む他の技術を使用することができる。図 8 A ~ 図 8 C のバイアホール 8 2 0 は、チップをさいの目に切断する前又は後に、マスクを通す反応イオンエッチングを用いて製造できる。

30

## 【 0 0 6 0 】

図 7 A ~ 図 7 C と図 8 A ~ 図 8 C との L E D からの光抽出について、これから説明する。溝 7 2 0 又はバイアホール 8 2 0 は、チップの端部に単に沿うのではなく、周期的にチップを横切って発生するように光を抽出することを可能にする。このため、これらは大面積のチップに対して拡張性を提供できる。このことは、溝内で基板をさいの目切断できるように基板の中に配置される溝をさいの目切断することとは著しく対照的であり、L E D のダイオード領域を通して切断される溝とも極めて対照的である。

40

## 【 0 0 6 1 】

ベDESTAL、バイアホール、側壁、及び / 又は、溝は、チップの垂直な端部が一般に光抽出の役割を演ずるため、光の抽出を向上させることができる。さらに、光を抽出するためには、L E D チップの最良の周辺部の形状は正方形又は長方形ではない。しかしながら、L E D チップの周辺部は、ウェハ内のパッキング密度を上げるために、一般に正方形である。正方形のチップでは、臨界角よりも大きくて、この角度の余角よりも小さい角度で任意の方向から側壁に当たる光線は、一般に、内部反射とその後の吸収とにより失われる

50

。円柱形のチップは、内部反射を減少できるが、製造しやすさとパッキング密度とが不十分である。さらに、円柱形のダイの中心から離れた点で生成された光は、垂直の側壁に接線方向に当たる光線を次第に発生する。より多くの光線が、内部反射及び吸収によりこの場合も失われる。この場合には、全体的なダイの面積は、有効な中心面積に比べて大きくする必要があり、このことは、ウェハ面積を非効率的に使用することになり、費用の増加を招く。

#### 【 0 0 6 2 】

際立って対照的に、本発明のいくつかの実施形態では、基板の中に等辺の又は非等辺の三角形のペDESTAL 7 3 0 等のペDESTALを形成することができる。優れたウェハの利用率を維持することができる。特に、生成された光は、臨界角よりも大きい角度で側壁 7 2 4 において 1 回の入射及び反射を行うだけである。臨界角よりも大きい入射角では反射されるが、封入材料の屈折率が約 1 . 5 以上であると仮定すると、それらは全ての場合において臨界角よりも小さい角度で次の壁に当たることになる。このため、側壁が直角であるか又は平滑で連続的な円弧のダイとは異なり、光線が内部反射及び吸収に対して全体として失われることはない。

#### 【 0 0 6 3 】

チップの面積が同じであり、同じ電流が流れ、滑らかで垂直な側壁を有する正方形の L E D に対する三角形の L E D は、例えば、光出力において 1 5 % の改善が見られる。さらに、テーパ付きの側壁又はチャネルを三角形のペDESTALと共に使用して、基板の中に閉じ込められたさらに多くの光を利用できる。最後に、正方形のダイに対して 4 5 ° 又は別の角度で切断された溝を用いて形成された三角形のペDESTALは、標準的なダイ管理及び分離技術を可能にするが、正方形でないチップの付加的な光抽出の利点を提供することができる。標準的なエッジ整形とダイ分離技術とを使用することもできる。バイアホール 8 2 0 のアレイを使えば、同じ効果を提供することができる。

#### 【 0 0 6 4 】

図 7 A ~ 図 7 C と図 8 A 及び図 8 C との L E D は、図 2 ~ 図 5 に示したように、アップサイドダウン式すなわちフリップチップ式の構成で実装されていることが理解されよう。L E D を取付け支持体に結合するために使用される銀エポキシは、L E D の効率を減らすおそれがあるため、溝又はバイアホールに入らないようにされる。他の実施形態では、溝及び / 又はバイアホールを従来の非フリップチップ式 L E D 取付け方法と一緒に使用する場合には、銀又はアルミニウムのような後方反射層を基板の第 1 の面上に形成して、溝又はバイアホールに入射する光を、ダイオード領域を通るように後方に反射する。

#### 【 0 0 6 5 】

結合領域 2 2 0 / 2 3 0 の中ではんだプリフォームを使用する別の説明をここで行う。面積の小さい L E D は、ダイをリードフレームに取り付ける場合に使用する銀エポキシがチップの側壁及び / 又は処理基板に接触しないようにするための特別の注意を必要とする。そのような接触は、縦形 L E D 構造の性能に有害なショットキーダイオードを形成する可能性がある。このショットキーダイオードは、順方向のターンオン電圧が低いため、L E D の周りの電流を短絡することがある。大きなチップ上で銀エポキシを使用することは、小さいチップの場合よりも管理が容易である。その理由は、分配が多すぎても、エポキシがチップの下から出てきて、ダイオード領域及び / 又は基板の縦形の側壁に到達する原因にはならないからである。本発明の実施形態によれば、後に説明するように、はんだのプリフォームが反射材又は他の層の上に形成される又はそれらに付着することはない。このプリフォームは、鉛 - 錫、インジウム - 金、金 - 錫、及び / 又は、銀 - 錫のはんだ等の低温の共晶合金を含む。このプリフォームの形状は良く規定され、外側のクリープはダイ取付け工程の中で採用された圧力及び / 又は温度によって制御することができる。さらに、プリフォームの熱伝導率は銀エポキシよりも優れており、このことは高出力のデバイスにとって利点となる。

#### 【 0 0 6 6 】

ここで図 9 及び図 1 0 を参照すると、基板のテクスチャー加工が提供される。このテク

10

20

30

40

50

スチャー加工は、放射波長又はそれより大きい程度である。例えば、図 9 に示すように、LED 900 は、基板 710 のテクスチャー加工した第 1 の面 710 a' を含む。テクスチャー加工した側壁 724' 及び / 又はテクスチャー加工した床面 722' を、テクスチャー加工した第 1 の面 710 a' に加えて又はその代わりに設ける。図 10 に示すように、LED 1000 は、上にマイクロレンズ 1010 のアレイを含むテクスチャー加工した第 1 の面 810 a' を有する。テクスチャー加工した側壁及び / 又は床面も設ける。テクスチャー加工するための任意の従来の技術も使用できる。例えば、図 9 ~ 図 10 に関連して説明したテクスチャー加工は、本願で説明される他の実施形態でも使用できる。

#### 【0067】

パッケージ化された LED チップの露出面をテクスチャー加工し、研磨しないことが好ましい。従来のチップは、エピタキシャルの側面を研磨してパッケージ化される。このことは、そこからの光抽出を減少させる可能性がある。露出面をテクスチャー加工することにより、入射光を内部反射する代わりに伝達することができるランダム確率を提供できる。基板の裏側をテクスチャー加工することは、この基板面にオーム接点を形成することの妨げにはならないことも理解されよう。より詳細に説明すると、縦形 LED は、有効なダイオード領域に対する 1 つの接点と、テクスチャー加工した基板の裏側に対する裏面接点とを有する。側壁をテクスチャー加工することにより、研磨面の場合に比べて最大 20% 又はそれ以上の光放射を提供できる。

#### 【0068】

図 11 及び図 12 は、本発明の実施形態による別の LED を示す。図 11 の LED 1100 及び図 12 の LED 1200 は、図 7 の LED 700 及び図 8 の LED 800 に相当する。しかしながら、図 11 及び図 12 の実施形態では、透明なオーム接点 412 及び反射材 414 が加えられている。この薄い透明なオーム接点 412 は、p 型の窒化ガリウム層の電流拡散を向上させることができ、光量を遮って好ましくは減少させて、より好ましくは最小にして、アノードにオーム接点を作ることができる。

#### 【0069】

さらに、図 11 及び図 12 に示した構成では、チップが取付け支持体 210 上にフリップチップ式で取り付けられているため、透明なオーム接点 412 を、従来の窒化物の LED の中で可能にされるよりも薄くすることができ、このため、それを一層透明にすることができる。例えば、アルミニウム及び / 又は銀を含む比較的厚い反射材 414 を設けることもできる。この反射材 414 は、優れた電流拡散を提供できる。さらに、はんだブリフォーム 220 及び / 又は他の取付け領域を金属接点 155 と取付け基板 210 との間に使用して、寄生のショットキー接触を作る可能性があるダイオード領域内の短絡回路を防ぐと同時に、電気的で機械的な接続とダイオード領域からの熱伝達とを行う。ダイオードをフリップチップ式で取り付けることによって、電力消費 (power dissipation) を基板の中で行う必要がないことが理解されよう。逆に、ダイオード領域で発生する熱を、低い熱抵抗でヒートシンクに密着させることができる。例えば、図 16 に関連して記述された別の実施形態では、非フリップチップ式取付けが使用される。透明 / 反射材用電極、はんだブリフォーム、及び / 又は、フリップチップ式取付けは、本願で記載される本発明の別の実施形態でも使用されることが理解されよう。

#### 【0070】

図 13 は、従来の ATON 形 LED (ATON LED) において抽出効率を改良するために使用できる、本発明の他の実施形態を示す。当業者はよく知られているように、ATON 形 LED は、例えば、Compound Semiconductor、volume 7、No.1、2001 年 2 月、第 7 頁にある、「OSRAM Enhances Brightness of Blue InGaN LEDs」という題名の出版物の中に説明されているような基板成形方法を使用している。特に、図 13 に示すように、従来の ATON 形 LED 1300 は、基板 1310 及びダイオード領域 1320 を含む。本発明の実施形態によれば、例えば、メサ 1320 a 及び / 又は電極 1330 によって形成される放射領域は、ダイオード領域の中央部のみに含まれ、ダイオード領域の周辺部からは除かれる。電極 1330 は、透明な電極であることが好ましく、放射領域 1320 a と同じ広が

10

20

30

40

50



りを有するそれよりも小さくすることができる。放射領域の面積を減少させる別の技術を使用することもできる。

#### 【0071】

言い方を変えると、基板1310は、それぞれ対向する面1320aと1310bとを有する。第1の面1310aの表面積は、第2の面よりも小さい。ダイオード領域1320は、第2の面1310b上にある。放射領域1320aは、ダイオード領域1320の中に含まれ、第1の面1310aの小さい表面積内に限定される。この構成により、チップはレンズの焦点における点光源のように見える。従来の構成では、チップの端部で生成された光は、放射光の小さい固体表面がチップの中心で生成された光と比べるとこれらの表面と相互作用するため、形成された端部の多くの利点を得ていない。シミュレーションによると、放射領域をチップの端部の前に配置することによって、出力された約20%以上の光を得ることができることを示している。縮小した放射領域の抽出効率をこのように増加することによって、より多くの光が活性領域からの第1の経路上で消えることがあるため、出力された光が基板内及び基板表面における損失に影響されないようにすることもできる。図13の実施形態は、従来の非フリップチップ式パッケージングに使用することができる。フリップチップ式パッケージングで使用するATON形LEDの実施形態は、下記の図17に関連して説明される。

10

#### 【0072】

図14Aは、本発明の別の実施形態に対する、放射領域を縮小した応用例を示す。例えば、LED1400は、本発明の実施形態に基づいて少なくとも1つの縮小した放射領域を設けることを除いて、図7のLED700と同様である。少なくとも1つの縮小した放射領域は、ペDESTAL730と整列した1つ以上の導電性電極1410を用いて設けることができる。これらの導電性電極1410は、プラチナ及び/又は他の金属を含む。例えば、窒化ケイ素を含む絶縁層1420を使用して、金属接点ダイオード領域740に接触することを防止する。相互接続する金属層1430は、導電性電極1410及び窒化ケイ素層1420上に形成されたブランケットとすることができる。相互接続層1430は反射層として機能することも理解されよう。別の方法では、1つ以上の分離した反射層を設ける。図14Bは、導電性電極1410及び金属層1430を示す図14AのLEDの底面図である。本発明の別の実施形態では、少なくとも1つの図13のメサ1320aを図14Aのダイオード領域740の中に含み、少なくとも1つの縮小した放射領域を提供することも理解されよう。さらに、縮小した放射領域は、本願に記載される本発明の別の実施形態と一緒に使用することができる。

20

30

#### 【0073】

このように、背後形成された領域(back-shaped region)の中央部の中に限定された放射領域を縮小することによって、LEDの効率を向上させることができる。均一な放射領域を有する背後形成されたデバイスでは、多くの放射光がチップの形成された領域にわたって発生するが、これは効率的ではない。これとは対照的に、図14A及び図14Bでは、放射領域がペDESTAL730と整列されているため、改良された抽出効率を提供できる。導電性電極1410が互いに離れているため、それらの電極を相互接続する導電性の金属1430で接続する必要がある。デバイスがフリップチップ結合されている場合には、この導電性金属1430は、はんだ及び/又は銀を加えたエポキシとすることができる。デバイスが非フリップチップ構成で実装されている場合には、反射材などの金属シート、金属のストリップ、及び/又は、ワイヤボンダが相互接続用に含まれる。

40

#### 【0074】

図15Aは、本発明のさらに別の実施形態に対する少なくとも1つの縮小した放射領域の応用例を示す。例えば、LED1500は、本発明の実施形態に基づいて少なくとも1つの縮小した放射領域を設けることを除いて、図8のLED800と同様である。少なくとも1つの縮小した放射領域は、バイアホール820に重なり合わない導電性電極1510を用いて設けることができる。この導電性電極1510は、プラチナ及び/又は他の金属から構成する。例えば、窒化ケイ素を含む絶縁層1520を使用して、金属接点バイ

50

アホール 820 により形成された領域の上にくることを防止する。図 15B は、導電性電極 1510 及び絶縁領域 1520 を示す図 15A の LED の底面図である。図 14A の場合と同様に、別の実施形態では、少なくとも 1 つの図 13 のメサ 1320a が図 15A のダイオード領域 840 の中に含まれて、少なくとも 1 つの縮小された放射領域を提供する。

#### 【0075】

本発明による実施形態は、前述したように、サファイアベースの窒化物の LED 及び他の材料システムによる LED を改善するために使用できることが理解されよう。しかしながら、サファイアベースの窒化物の LED では、大部分の光はより高い指数の窒化物のダイオード領域内に捕獲されて残ってしまう。このゲインは、炭化ケイ素、窒化ガリウム、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、及び / 又は、基板の屈折率がサファイアのそれよりも高い他の基板よりも大きい。このため、本発明の実施形態は、炭化ケイ素を基板として使用することに限定されない。サファイアを基板として使用する場合には、サファイアの絶縁層は、図 1 で示したように、ダイオード領域に対して 2 つの接点を使用することは理解されよう。これらの接点は、パッケージ内でそれらの電氣的接続部と整列する必要がある。サファイア基板の透明性により、露出側が研磨されている場合は容易に整列させることができる。しかしながら、研磨した露出面は、テクスチャー加工したものよりも光を抽出する効率が悪い。

#### 【0076】

図 16 は、本発明の別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。図 16 は、発光ダイオード 1600 が、フリップチップ式実装ではなく非フリップチップ式実装で構成されていることを除いて、図 3 と同様であるとみなすことができる。さらに、実装アセンブリ又はサブ実装アセンブリ (sub-mounting assembly) などの、LED と取付け支持体との間の別の接点構造体も示されている。図 16 の非フリップチップ式実装方法及び / 又は図 16 の接点構造体が、本願で説明されている本発明の他の実施形態及び / 又は別の従来の LED と共に使用できることは理解されよう。

#### 【0077】

より具体的には、図 16 を参照すると、発光ダイオード 1600 が、非フリップチップ式の方で取付け支持体 210 上に実装されている。この方式では、炭化ケイ素の基板 110 は取付け支持体 210 に隣接し、ダイオード領域 170 は取付け支持体 210 の反対側又はそれから離れた炭化ケイ素の基板 110 上にある。換言すると、ダイオード領域 170 は上側にあり、炭化ケイ素の基板 110 は下側にある。図 16 に示した本発明の実施形態によれば、透明な炭化ケイ素の基板 110 を用いれば、従来の非フリップチップ式で実装された LED から抽出される光量を増加できることが分かる。これらの実施形態では、炭化ケイ素の基板 110 の中に下向きに生成された、ダイオード領域 170 の活性領域 130 からの光は、反射材 140 により反射されて炭化ケイ素の基板 110 を通って戻される。抽出効率は、図 3 の LED 300 よりも少ないが、透明な炭化ケイ素の基板 110 を採用していない従来の LED のものよりも大きな抽出効率を得ることができる。取付け領域に隣接した透明な炭化ケイ素の基板及び取付け領域から離れたダイオード領域を有する、図 16 のライトサイドアップ式実装方法を、別の従来の LED 構成に使用することもできることが理解されよう。

#### 【0078】

さらに図 16 を参照して、本発明の実施形態による接点構造体 1620 をここで説明する。これらの接点構造体 1620 は、本願で説明する他の実施形態と共に使用でき、他の従来の LED 構造体と一緒に使用することもできることが理解されよう。

#### 【0079】

図 16 に示すように、接点構造体 1620 は、オーム領域 160 と、反射材 140 と、障壁領域 1610 と、結合領域 230 とを含む。上部オーム接点 150 も設けられている。オーム接点 150 / 160 は、厚さが約 10 と約 100 との間の、薄いプラチナ層などの透明な金属の層であることが好ましい。他の透明なオーム接点 150 / 160 を使

10

20

30

40

50

用することもできる。例えば、酸化インジウムスズ（ITO）などの透明な酸化物を使用することができる。この場合には、オーム接点150/160の厚さは、最大で数ミクロン又はそれ以上である。オーム接点150/160は、例えば、Haitzらへの米国特許第5,917,202号公報の中で説明されるように、均一な厚さの層、グリッド構造体、及び/又は、ドット構造体とすることができる。その開示内容は、引用することにより本明細書の一部をなすものとする。オーム接点150/160が、電流拡散動作を行い、活性領域170への効率的で均一な電流注入を容易にすることが好ましい。グリッド又はドット構造体をオーム接点150/160に使用する場合には、炭化ケイ素の基板110の伝導率が適切に適合すれば、電流拡散動作が実現される。グリッド/ドットのオーム領域は、面積の有効範囲が縮小されるため、オーム領域内の光吸収を減少又は最小にすることができる。オーム接点150及び160の構成は同一である必要はないことも理解されよう。

10

#### 【0080】

さらに図16を参照する。反射材140は、例えば、厚さが約100と約5000との間の、銀及び/又はアルミニウム等の反射性金属、及び/又は、すでに説明したようなミラースタック（mirror stack）を含みうる。電流の拡散及び反射機能を同時に行うことができる、銀又はアルミニウムの1つの層のように、オーム領域160及び反射材140の機能性を1つのオーム領域及び反射材領域の中に結合することができることも理解されよう。別の方法では、オーム領域160及び反射材140に対して異なる層を使用する。

20

#### 【0081】

さらに図16を参照すると、障壁領域1610も備えうる。この障壁領域1610は、反射材140及び/又はオーム領域160を、下側のダイ接着剤からの拡散及び/又はスパイク（spiking）から保護する。このため、障壁領域1610は、オーム領域160及び/又は反射材140が光学的及び/又は電氣的に損なわれないように保護することができる。いくつかの実施形態では、障壁領域は、厚さが約100～約5000である、ニッケル、ニッケル/バナジウム、及び/又は、チタン/タングステンを含む。

#### 【0082】

最後に、さらに図16を参照すると、半導体のLED構造体を取付け又はサブ取付けアセンブリなどの取付け支持体210に固定する結合領域230が設けてある。この結合領域230は、例えば、金、インジウム、はんだ、及び/又は、真鍮を含む金属層とすることができる、1つ以上のこれらの及び/又は他の構造体のプリフォームを含む。いくつかの実施形態では、結合領域230は、はんだバンプ及び/又はインジウム又は金などの他の金属のバンプを含みうる。取付け支持体210は、ヒートシンク、Surface Mount Technology（SMT）のパッケージ、印刷配線板、ドライバ用集積回路、リードフレーム、及び/又は、LEDに用いられる他の従来の取付け及び/又はサブ取付けアセンブリを含む。銀エポキシ、はんだボンディング、熱はんだボンディング、及び/又は、他の技術を用いて、結合領域230を取付け支持体210に固着できる。図16の接点構造体1620の実施形態は、フリップチップ取付け式LED及び/又は他の従来のLED構造体に使用できることも理解されたい。

30

40

#### 【0083】

図17Aは、本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。より具体的には、図17Aは、フリップチップ式に取り付けられ及び/又は本発明の実施形態による接点構造体を採用する、従来のATON形LEDを示す。例えば、図2に示したようなフリップチップ式取付け、及び/又は、図16で示したような接点構造体を使用する。

#### 【0084】

ここで図17Aを参照する。これらのLED1700の実施形態は、無色で補償された炭化ケイ素の基板などの透明な基板1310と、ダイオード領域1320が取付け支持体210に隣接し、炭化ケイ素の基板1310が取付け支持体210から離れるように取付

50

け支持体 2 1 0 上にフリップチップ式で取り付けられたダイオード領域 1 3 2 0 とを含む。ダイオード領域 1 3 2 0 は、図 1 3 のメサ領域 1 3 2 0 a などの縮小された放射領域を含む。

【 0 0 8 5 】

図 1 7 A に示すようなフリップチップ式取付けは、非フリップチップ式で取り付けられた L E D と比較すると、光抽出を向上させることができる。例えば、炭化ケイ素の基板上に窒化ガリウムの領域を使用する従来のチップでは、L E D の活性領域の内部で生成された光の約半分が実際に放射される。残りの光は、内部全反射及び / 又は吸収損失により、半導体材料の中に閉じ込められる。ダイオード領域から離れた炭化ケイ素の基板の第 1 の面の表面積が、ダイオード領域に隣接する炭化ケイ素の基板の第 2 の面よりも小さい構成では、光の抽出を増加させることができる。しかしながら、放射光の大部分は、吸収材料で完全に及び / 又は部分的にカバーされるチップ面に入射及び / 又はそこを通過して、L E D の p - 領域及び n - 領域とのオーム接触を容易にする。さらに、従来の L E D は光を主に下側に向ける。これにより、L E D パッケージ内の光学素子からの付加的な反射及び / 又はダイ接着剤の材料による損失が引き起こされる。これらの現象は、別の光学的損失の原因になる。

【 0 0 8 6 】

極めて対照的なことに、図 1 7 A に示すような本発明の実施形態では、A T O N 形状及び / 又はダイオード領域 1 3 2 0 は、取付け支持体 2 1 0 に隣接し基板 1 3 1 0 が取付け支持体 2 1 0 から離れているように、取付け支持体 2 1 0 にフリップチップ式で取り付けられた、第 2 の面 1 3 1 0 b に比べて第 1 の面 1 3 1 0 a が小さい他の形状を採用することができる。

【 0 0 8 7 】

さらに、図 1 7 A に示すように、p - オーム領域 1 7 4 2、反射材 1 7 4 4、障壁領域 1 7 4 6、及び / 又は、結合領域 1 7 4 8 を含む p - 接点構造体 1 7 4 0 を使用することによって、付加的な効率を得ることができる。いくつかの実施形態では、p - オーム領域 1 7 4 2 は、厚さが約 1 0 と約 1 0 0 との間、ニッケル / 金、酸化ニッケル / 金、酸化ニッケル / プラチナ、チタン、及び / 又は、チタン / 金などの p - オーム金属を含む。いくつかの実施形態では、p - オーム領域 1 7 4 2 は、表面カバー範囲が約 1 0 % と約 1 0 0 % との間、厚さが約 2 ~ 約 1 0 0 との間、連続した又は非連続的な p - オーム金属を含みうる。非連続的な p - オーム金属については、下側のダイオードの層の伝導率を表面カバー範囲に適合させて、ダイオードの活性領域への電流注入の均一性を向上させる。

【 0 0 8 8 】

さらに図 1 7 A を参照すると、銀及び / 又はアルミニウムなどの厚い反射材 1 7 4 4 は、ダイオード領域 1 3 2 0 の反対側のオーム領域 1 7 4 2 上にある。別の実施形態では、オーム領域 1 7 4 2 は、接触抵抗を容易に低くできるほど厚いが、光学的な吸収を十分に減少させる程度に薄くすることができる。オーム領域 1 7 4 2 の厚さを従来の A T O N 形チップのオーム金属の厚さの 1 / 2 以下にして、2 倍の光が接点を通過できるようにする。さらに、結合されたオーム及び反射材領域により、電流拡散機能を想定することができる。このことは、ダイオード領域 1 3 2 0 の中で生成された光の効率的な光反射を容易にし、同時に電流の拡散を行うために十分に厚くなるように設計することにより可能である。これにより、ダイオード領域 1 3 2 0 内で生成された光 1 7 2 6 を、反射材 1 7 4 2 により基板 1 3 1 0 の中へと戻るように反射することができる。ダイオード領域内で生成された別の光 1 7 2 2 は、基板 1 3 1 0 の中に直接に注入される。さらに別の光 1 7 2 4 は、基板の斜めの側壁から出射する。

【 0 0 8 9 】

さらに図 1 7 A を参照する。フリップチップ式取り付けされた L E D は、金、インジウム、従来のエポキシ材料、真鍮、及び / 又は、はんだを含む結合領域 1 7 4 8 を用いて、適当なはんだ及び / 又はニッケル、ニッケル / バナジウム、及び / 又は、チタン / タング

10

20

30

40

50

ステンなどのはんだ障壁領域 1746 とダイ接着することができる。半導体の表面上に反射性金属を設けることによって、ヘッダの比較的粗い表面と比べると反射率が比較的に高い極めて滑らかなミラー面を実現できることは理解されよう。

#### 【0090】

さらに図 17A を参照する。オーム / 反射材領域 1732 と、接着領域 1734 と、障壁領域 1736 と、結合領域 1738 とを含む n - 接点構造体 1730 が使用される。オーム / 反射材領域 1732 は、厚さが約 1000 のアルミニウム及び / 又は銀などの n - オーム材料を含む。このオーム / 反射材領域 1732 は、オーム接点及び反射材層として機能する。反射材領域 1744 と同様の任意の反射材領域を設けることもできる。例えば、約 1000 のチタンから成る選択的な接着領域 1734 を設けることができる。障壁領域 1736 を設けることもできる。例えば、約 1000 のプラチナを使用できる。最後に、結合領域 1738 を使用する。例えば、1  $\mu$ m 以上の金を使用したり、従来のワイヤボンド 1750 を結合領域 1738 に取り付け。特定の用途に対しては、1 つ以上の領域 1732、1734、1736、1738 を除くか、又は他の領域と結合することもできることも理解されよう。

10

#### 【0091】

図 17A の実施形態に基づいてフリップチップ式で取り付けられた ATON チップは、従来の非フリップチップ式の ATON 形状と比べて、約 1.5 倍 ~ 約 1.7 倍以上の増大された放射束を発生できる。p - 電極及び / 又はダイ接着剤の材料内での吸収を減らすことができる。表面カバー範囲を減少又は最小にできる n - 接点構造体 1730 を使用できる。このため、いくつかの実施形態では、電極構造体 1730 が、炭化ケイ素の基板 1310 の第 1 の面 1310a 全体を占有することができる。しかしながら、他の形状の構成は表面カバー範囲を減らす又は最小にするために使用される。

20

#### 【0092】

例えば、図 17B に示すように、n - 接点構造体 1730 は、第 1 の面 1310a 上の中央部 1730a のみを含む。しかしながら、チップの寸法がより大きい場合には、n - 接点構造体 1730 のフィンガ 1730b も使用して、別の電流拡散を行う。このため、n - 接点構造体 1730 が第 1 の面 1310a の全面積を占める。別の実施形態では、全面積よりも小さいが、10% より大きい面積が占有される。さらに別の実施形態では、10% よりも小さい面積が使用される。中央部 1730a 及びフィンガ 1730b に対して多くの別の形状の構成を用いることができることも理解されよう。

30

#### 【0093】

拡張性を増大できるように、n - 接点構造体 1730 を、下側の半導体材料 1310 の伝導率に対して表面カバー範囲及び電流拡散に適合する相互接続されたグリッド構造体とすることができる。n - 接点構造体 1730 の表面カバー範囲を減らす、好ましくは最小にして、銀及び / 又はアルミニウムの反射材 1732 を採用することにより、完成した n - 接点構造体 1730 の吸収を減少、好ましくは最小にすることができる。

#### 【0094】

別の実施形態では、例えば Chen らの米国特許第 5,952,681 号公報の中で説明されているように、n - 電極及び p - 電極の両方が、チップの側部に形成されることは理解されよう。これにより、n - 電極に対するオーム接点内の光の吸収がさらに減少される。

40

#### 【0095】

図 17A 及び図 17B のフリップチップ式取付け及び / 又は接点構造体は、第 1 の面の面積を縮小した立方体、三角形、ピラミッド形、先端を切り取ったピラミッド形、及び / 又は、半球を含む他の基板の形状と共に使用できることも理解されよう。すでに説明したように、溝、バイアホール、及び / 又は、他のパターンニング機構の形状の付加的な第 1 の面のパターンニングを行うこともできる。最後に、すでに説明したように、テクスチャー加工及び / 又は粗面加工も使用できる。基板及び / 又はダイオード領域の粗面加工を使用できる。このため、意図的に粗面加工及び / 又はパターン化したダイオード領域 1320 上に、反射材 1744 を形成する。このランダムな粗面により、光抽出を向上させる及

50

び／又は内部反射を減少させることができる。反射光を指向させる及び／又は光抽出を向上させるために、フレネルレンズなどの特定のパターンを使用することもできる。このパターンによって、反射材 1744 を適用して光学素子を形成することができる。パターンの大きさは、LED から放射される光の波長程度である。

【0096】

図18は、本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。より具体的に言うと、図18は、反射材をそのダイオード領域上に含む従来のATON形LEDを示す。予期していなかったが、本発明の実施形態に基づいて、反射材を従来のライトサイドアップ形のATON及び／又は他のLEDのダイオード領域に加えることによって、ダイオード領域の上面に反射材を持たない従来のATON及び／又は他のLEDと比較すると、約10%以上の輝度の増加が得られることが判明した。このため、反射材で上面を少なくとも部分的にブロックすることによって、増加した光放射が実際に得られる。

10

【0097】

さらに具体的に言うと、図18を参照すると、これらのLED1800は、本願に記載されたいずれかの実施形態、及び／又は従来のATON、及び／又は他のLED構成に基づいた基板1310及びダイオード領域1320を含む。従来のATON及び／又は他の構成に基づいて、n-接点構造体1810を設ける。別の方法では、約1000のチタンなどの接着領域1812と、約1000のプラチナなどの障壁領域1814と、約1μmの金などの結合領域1816とを含むn-接点構造体1810を設ける。接着領域1812は、オーム接点としても機能し、別の方法では反射性とすることもできる。

20

【0098】

さらに図18を参照すると、p-接点構造体1820が設けてある。このp-接点構造体1820は、図17Aのオーム層1742と同様のものとして透明なオーム領域1830を含む。図17Aの接着層1734と類似なものとして透明な接着層1826も含める。図17Aの障壁層1736と同様の障壁層1724も含む。図17Aの接着領域1738と同様の接着領域1822と、図17Aの線1750と同様の線1840も含む。さらに、従来のATON/ITPオーム接点構造体も設ける。本発明のいくつかの実施形態によれば、p-接点構造体1820は中に反射材1828を含み、ダイオード領域1320を通して基板1310の中に光を反射して戻す。この反射材1828は、図17Aの反射材1746と同様である。前述したように、予期していなかったが、ATON及び／又は他のLEDの上面に反射材1828を加えることによって、従来のATON形LEDの輝度よりも約1.2倍～約1.3倍の増加した輝度得られる。

30

【0099】

ここで図19を参照する。本発明の実施形態によるLEDの製造方法を以下に説明する。図19のいくつかのブロックが図示の順序とは異なる順序で発生することがあり、いくつかのブロックが逐次的ではなく同時に行われることが理解されよう。

【0100】

図19のブロック1910を参照すると、ダイオード領域が、炭化ケイ素の基板上に形成される。前述したように、窒化ガリウムのダイオード領域が、炭化ケイ素の基板上に製造されることが好ましい。ブロック1920において、図7～図12と図14～図15とに関連して説明したように、溝が、切り込み、エッチング、レーザカット、反応イオンエッチング、湿式エッチング及び／又は切断され、及び／又は、反応イオンエッチングが行われて、基板の第1の面上にバイアホールが形成される。ブロック1920において、基板上にダイオード領域が製造される前、及び／又は基板上にダイオード領域が製造される後で、溝及び／又はバイアホールが形成されることは理解されよう。

40

【0101】

ここでブロック1930を参照すると、例えば、図2～図5と、図11～図12と、図16～図17とに関連して説明したように、接点構造体が形成される。ブロック1920の溝の形成及び／又はバイアホールの反応イオンエッチングの前に、接点構造体を形成できることは理解されよう。

50

## 【 0 1 0 2 】

ここでブロック 1 9 4 0 を参照すると、さいの目切断が行われて、個々の L E D チップを分離する。ウェハ寸法の L E D が製造されて、ブロック 1 9 3 0 の電極構造体を形成する前及び / 又はブロック 1 9 2 0 において、溝をのこ引きする ( sawing ) 及び / 又は反応イオンエッチングする前にさいの目切断が行われる場合には、さいの目切断を行う必要はないことが理解されよう。

## 【 0 1 0 3 】

次に、ブロック 1 9 5 0 を参照すると、例えば、図 2 ~ 図 5 と、図 1 1 ~ 図 1 2 と、図 1 6 ~ 図 1 7 とに関連して説明したように、例えば、はんだプリフォーム及び / 又は他の結合技術を用いて、ダイオードは取付け支持体に結合される。そして、ブロック 1 9 6 0 において、図 2 ~ 図 3 と図 1 6 とに示したように、ダイオードは、例えばプラスチックのドーム内にパッケージ化される。抽出効率が高い L E D を効率的に製造することができる。

10

## 【 0 1 0 4 】

図面及び明細書の中において、本発明の典型的な好ましい実施形態を開示してきた。特定の用語が使用されるが、それらの用語は一般的で説明のためのみに使用されたものであり、限定する目的で使用したのではない。本発明の範囲は、特許請求の範囲において述べる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 1 0 5 】

20

【 図 1 】 本発明の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 2 】 本発明の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 3 】 本発明の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 4 】 本発明の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 5 】 本発明の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 6 】 様々なドーピングレベルにおける炭化ケイ素の光吸収対波長を図表で示す図である。

【 図 7 A 】 本発明の別の実施形態による発光ダイオードの平面図である。

【 図 7 B 】 図 7 A の線 7 B - 7 B ' に沿った断面図である。

【 図 7 C 】 図 7 A の線 7 B - 7 B ' に沿った断面図である。

30

【 図 8 A 】 本発明の別の実施形態による発光ダイオードの平面図である。

【 図 8 B 】 図 8 A の線 8 B - 8 B ' に沿った断面図である。

【 図 8 C 】 図 8 A の線 8 B - 8 B ' に沿った断面図である。

【 図 9 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 0 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 1 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 2 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 3 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 4 A 】 図 1 4 B の線 1 4 A - 1 4 A ' に沿って切り取った断面図である。

【 図 1 4 B 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの底面図である。

40

【 図 1 5 A 】 図 1 5 B の線 1 5 A - 1 5 A ' に沿って切り取った断面図である。

【 図 1 5 B 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの底面図である。

【 図 1 6 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

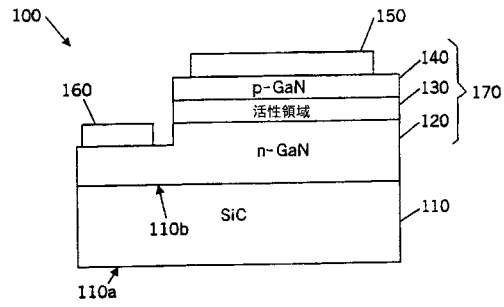
【 図 1 7 A 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 7 B 】 本発明の実施形態による図 1 7 A の平面図である。

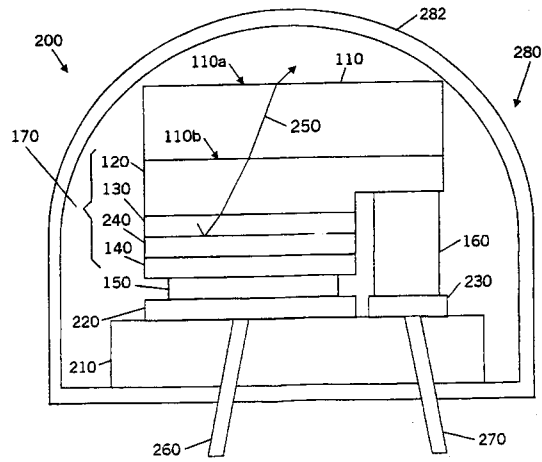
【 図 1 8 】 本発明のさらに別の実施形態による発光ダイオードの断面図である。

【 図 1 9 】 本発明の実施形態による発光ダイオードを製造する方法を説明するフローチャートである。

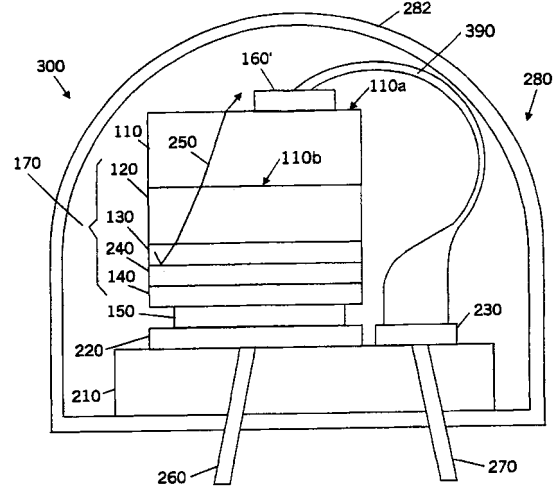
【図 1】



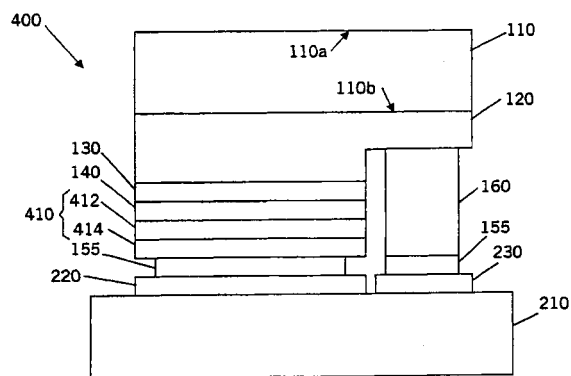
【図 2】



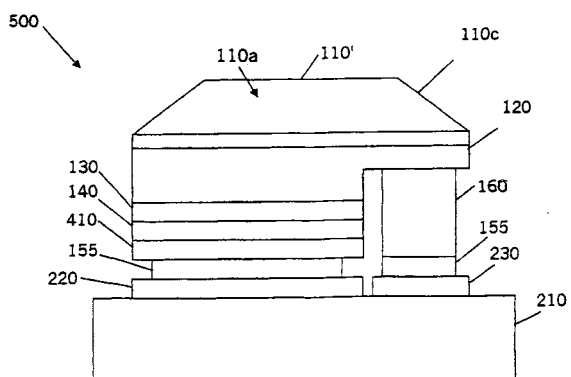
【図 3】



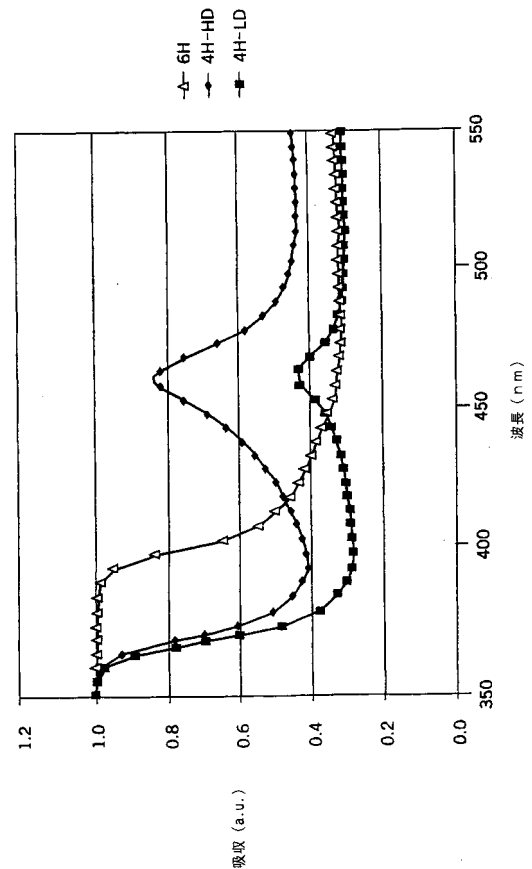
【図 4】



【図 5】

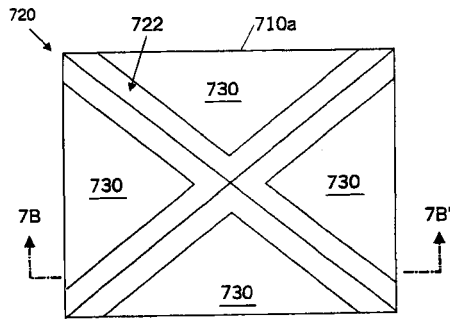


【図 6】

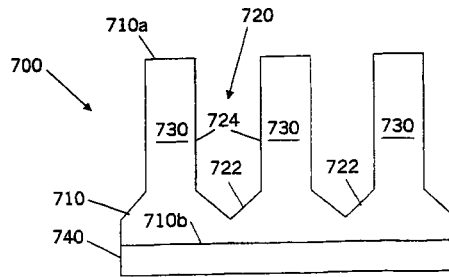




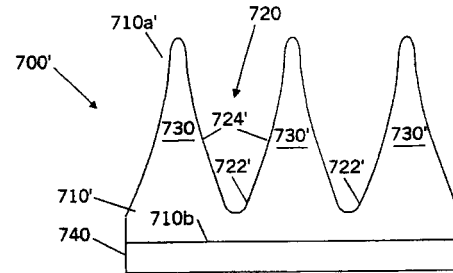
【図 7 A】



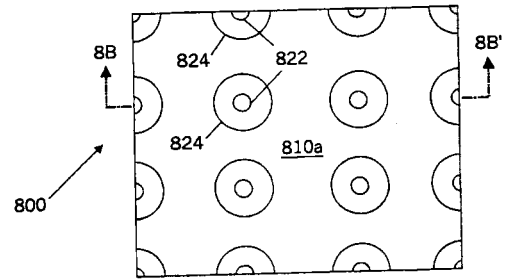
【図 7 B】



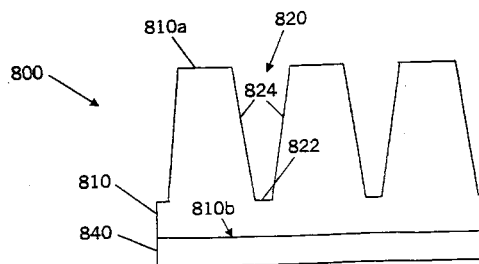
【図 7 C】



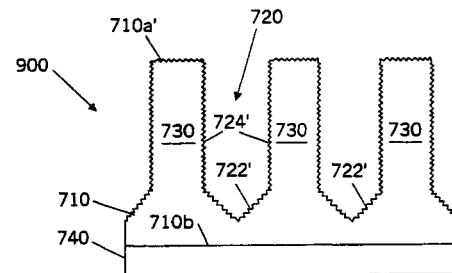
【図 8 A】



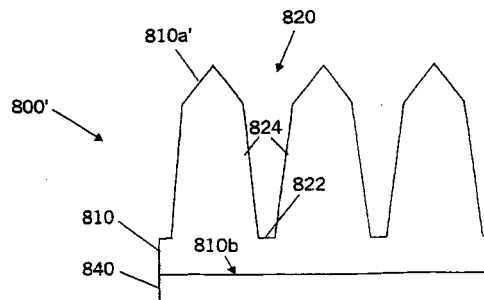
【図 8 B】



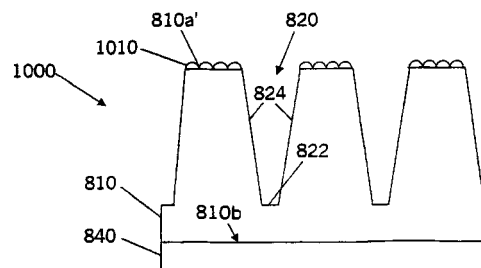
【図 9】



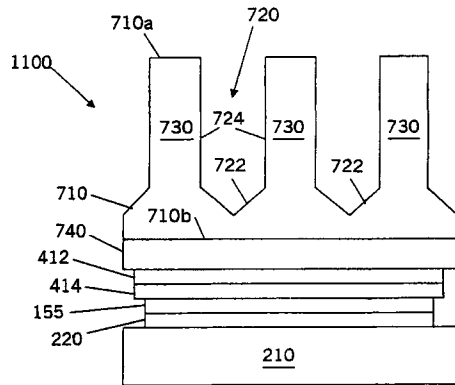
【図 8 C】



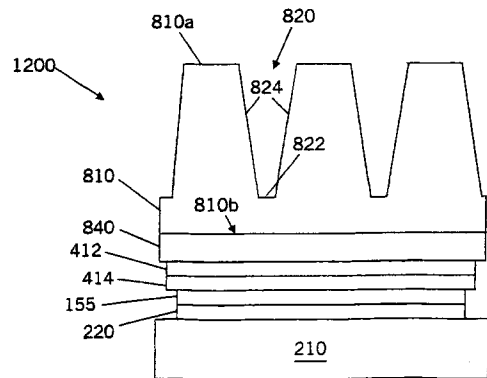
【図 10】



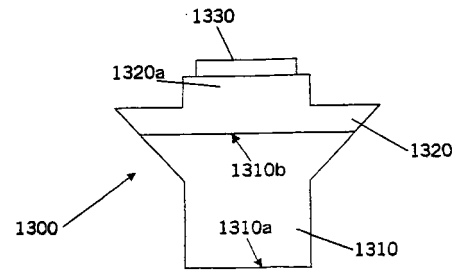
【 図 1 1 】



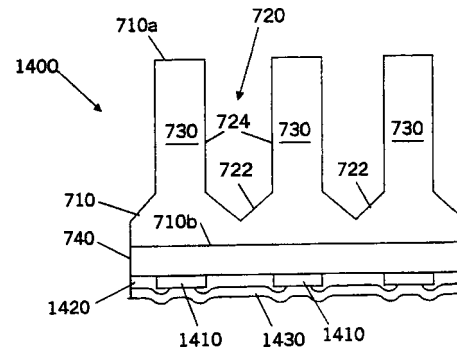
【 図 1 2 】



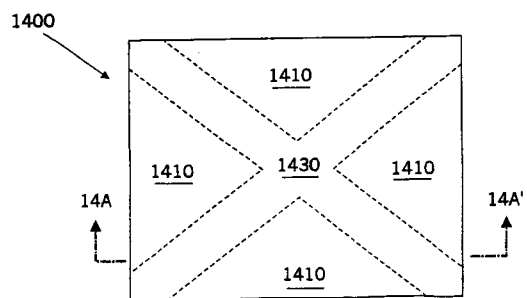
【 図 1 3 】



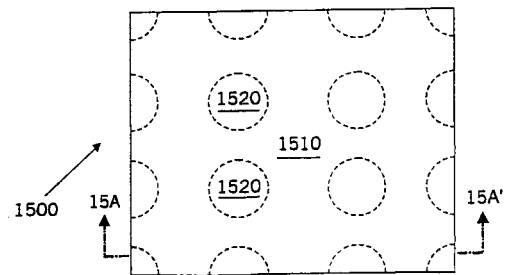
【 図 1 4 A 】



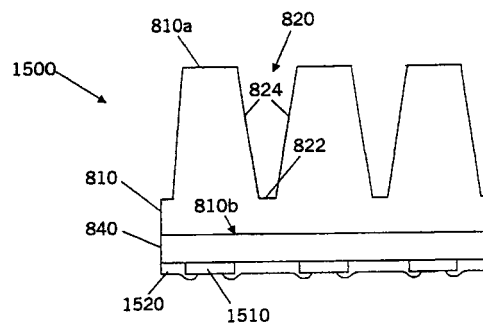
【 図 1 4 B 】



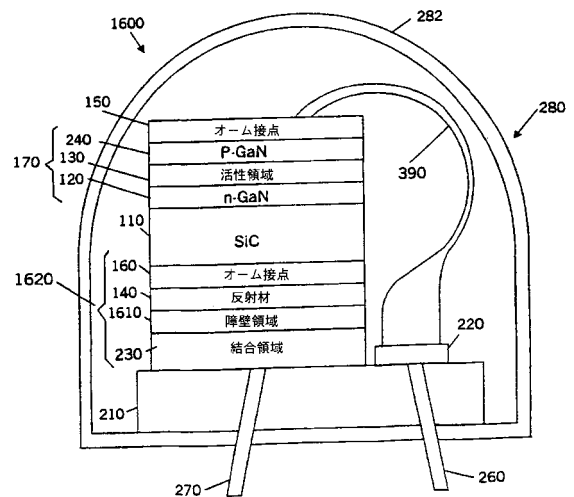
【 ㊦ 1 5 B 】



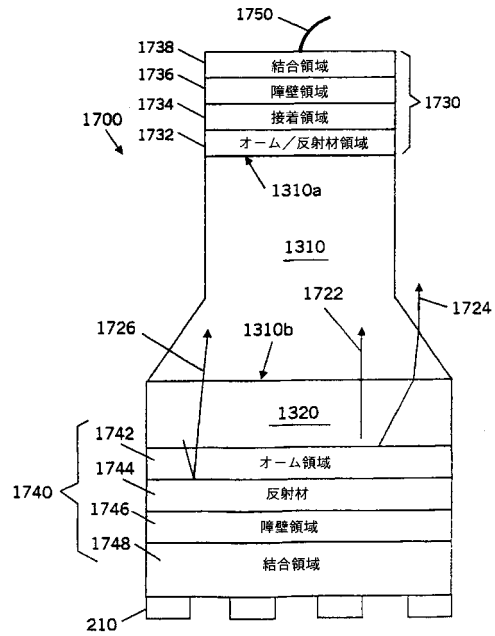
【 図 1 5 A 】



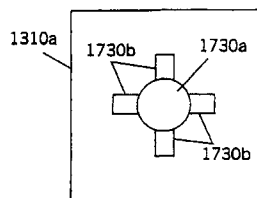
【 図 1 6 】



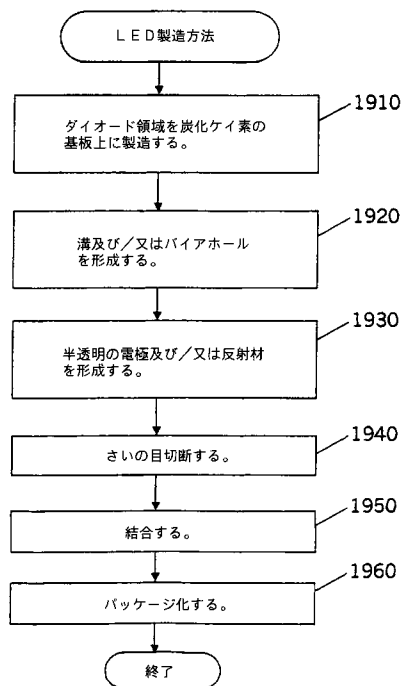
【図 17 A】



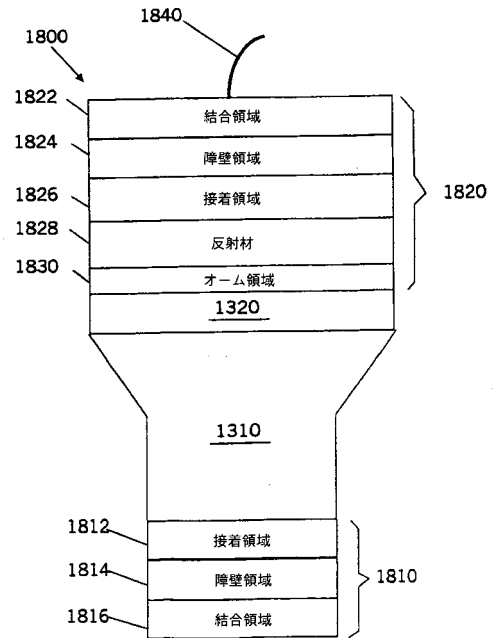
【図 17 B】



【図 19】



【図 18】



---

フロントページの続き

- (74)代理人 100118407  
弁理士 吉田 尚美
- (74)代理人 100125380  
弁理士 中村 綾子
- (74)代理人 100130960  
弁理士 岡本 正之
- (74)代理人 100125036  
弁理士 深川 英里
- (74)代理人 100142996  
弁理士 森本 聡二
- (72)発明者 スレイター，デイヴィッド・ビー，ジュニア  
アメリカ合衆国ノースカロライナ州 2 7 6 1 7，ローリー，ケイプ・チャールズ・ドライブ 6 4  
2 4
- (72)発明者 グラス，ロバート・シー  
アメリカ合衆国ノースカロライナ州 2 7 5 1 4，チャペル・ヒル，ピッチ・パイン・レイン 1 1  
1
- (72)発明者 スウォボダ，チャールズ・エム  
アメリカ合衆国ノースカロライナ州 2 7 5 6 0，モリスヴィル，ウォルコット・ウェイ 7 0 9
- (72)発明者 ケラー，バーナード  
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 3 1 1 7，ゴレタ，サンタ・マルゲリータ・ウェイ 6 1 7 4
- (72)発明者 イベットソン，ジェイムズ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 3 1 1 1，ゴレタ，ランドルフ・ロード 9 1 0
- (72)発明者 ティボールト，ブライアン  
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 3 1 0 3，サンタ，バーバラ，クリーヴランド・アヴェニュー  
1 9 1 4
- (72)発明者 ターサ，エリック・ジェイ  
アメリカ合衆国カリフォルニア州 9 3 1 1 7，ゴレタ，ディアボーン・ブレイス 1 0 5，アパート  
メント 4 1

## 合議体

審判長 稲積 義登  
審判官 田部 元史  
審判官 杉山 輝和

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 4 2 0 9 ( J P , A )  
特開平 9 - 2 3 2 6 3 2 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 6 1 1 0 9 ( J P , A )  
特開平 9 - 2 6 6 3 2 7 ( J P , A )  
特開平 9 - 9 2 8 7 8 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 3 1 7 5 4 6 ( J P , A )  
特開平 8 - 3 3 0 6 2 8 ( J P , A )  
特開平 1 0 - 2 0 0 1 5 6 ( J P , A )  
特開平 6 - 9 0 0 2 1 ( J P , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 33/00